



**TUGAS AKHIR - RF 141501**

**IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PGA) DAN  
KERENTANAN SEISMIC MENGGUNAKAN METODE MIKROTREMOR  
DI JALUR SESAR KENDENG**

**AINDYA PUTRI RAHMANINGTYAS**  
**NRP 3713100021**

Dosen Pembimbing  
**M. Singgih Purwanto, S.Si., MT**

**198009162009121002**

**Dr. Ir. Amien Widodo, M.S**

**195910101988031002**

Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





TUGAS AKHIR - RF141501

**IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PGA)  
DAN KERENTANAN TANAH MENGGUNAKAN METODE  
MIKROTREMOR DI JALUR SESAR KENDENG**

ANINDYA PUTRI RAHMANINGTYAS  
NRP - 3713 100 021

Dosen Pembimbing

M. Singgih Purwanto, S.Si., MT  
NIP. 19800916 200912 1002

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP - 19591010 198803 1002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**IDENTIFICATION OF PEAK GROUND ACCELERATION  
(PGA) AND SEISMIC VULNERABILITY USING  
MICROTREMOR METHOD IN KENDENG FAULT.**

ANINDYA PUTRI RAHMANINGTYAS

NRP - 3713 100 021

Advisors

M. Singgih Purwanto, S.Si., MT

NIP. 19800916 200912 1002

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S

NIP - 19591010 198803 1002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM  
(PGA) DAN KERENTANAN TANAH  
MENGUNAKAN METODE MIKROTREMOR DI  
JALUR SESAR KENDENG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 20 Juli 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

M. Singih Purwanto, S.Si., MT  
NIP. 19800916 2009121902

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1002

Mengesahkan  
Kepala Laboratorium Eksplorasi  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., MT  
NIP. 19690906 199702 1001

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PGA) DAN KERENTANAN TANAH MENGGUNAKAN METODE MIKROTREMOR DI JALUR SESAR KENDENG” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juli 2017

Anindya Putri Rahmaningtyas  
Nrp 3713100021

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PGA) DAN KERENTANAN TANAH MENGUNAKAN METODE MIKROTREMOR DI JALUR SESAR KENDENG**

Nama Mahasiswa : Anindya Putri Rahmaningtyas  
NRP : 3713 100 021  
Jurusan : Teknik Geofisika ITS  
Dosen Pembimbing : M. Singgih Purwanto, S.Si., MT  
Dr. Ir Amien Widodo, M.S

## **ABSTRAK**

Penelitian yang bertujuan untuk memprediksi kapan, dimana dan berapa kekuatan gempa bumi dapat diketahui dengan menganalisa data mikrotremor yang berguna untuk mengidentifikasi PGA di daerah yang dilewati sesar Surabaya, sehingga nantinya didapatkan peta *Peak Ground Acceleration* atau PGA. Selain itu dilakukan pula analisa kerentanan tanah akibat gempa bumi yang nantinya didapatkan peta kerentanan seismic yang menggambarkan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi untuk keperluan rencana tata ruang dan wilayah maupun konstruksi bangunan tahan gempa. Data mikrotremor dianalisis dengan metode HVSR dengan software Easy HVSR untuk mendapatkan nilai  $A_0$  dan  $F_0$  yang nantinya digunakan untuk perhitungan  $K_g$ . Sedangkan pada pengukuran PGA didapatkan dari rumus atenuasi Fukushima dan Tanaka yang parameternya berupa jarak, Magnitude, dan parameter sumber gempa yaitu sesar Surabaya-Kendeng dan Surabaya-Waru. Dari pengolahan data didapatkan nilai Amplifikasi rata-rata sebesar 2.8. Nilai  $f_0$  rata-rata adalah sebesar 1.7 Hz. Nilai  $K_g$  terendah adalah sebesar 7.7. Nilai PGA terhadap batuan dasar berdasarkan sesar Surabaya-Kendeng terbesar adalah 4.3 g, sedangkan berdasarkan sesar Surabaya-Waru nilai PGA terhadap batuan dasar terbesar adalah sebesar 0.9g.

Kata kunci: PGA,  $K_g$ ,  $A_0$ ,  $F_0$ , Metode HVSR

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **IDENTIFICATION OF PEAK GROUND ACCELERATION (PGA) AND SEISMIC VULNERABILITY USING MICROTREMOR METHOD IN KENDENG FAULT**

Name of Student : Anindya Putri Rahmaningtyas  
Student ID Number : 3713 100 021  
Department : Teknik Geofisika ITS  
Advisor Lecture : M. Singgih Purwanto, S.Si., MT  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S

## **ABSTRACT**

. This study purposed to predict when, where and how much earthquake strength can be identified by analyzing microtremor data useful for identifying PGA in the area passed by the fault of Surabaya, that is obtained a map Peak Ground Acceleration or PGA. Besides that, seismic vulnerability analysis due to earthquake will be obtained seismic vulnerability map that describes the level of vulnerability to earthquakes for spatial and regional planning purposes as well as earthquake resistant building construction. Microtremor data were analyzed by HVSR method with Easy HVSR software to obtain Ao and fo values which will be used for Kg calculation. While the measurement of PGA obtained from the attenuation formula Fukusima and Tanaka whose parameters such as distance, magnitude, and parameters of earthquake sources ie fault Surabaya-Kendeng and Surabaya-Waru. From the data processing got the average Amplification value of 2.8. The average fo value is 1.7 Hz. The lowest Kg value is 7.7. The value of PGA to bedrock based on the largest Surabaya-Kendeng fault is 4.3 g, whereas based on the Surabaya-Waru fault the PGA value against the largest bedrock is 0.9g.

*Keywords:* PGA, Kg, Ao, Fo, HVSR method

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul “IDENTIFIKASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM (PGA) DAN KERENTANAN SESIMIK MENGGUNAKAN METODE MIKROTREMOR DI JALUR SESAR KENDENG” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik, atas dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Amien Widodo, M.S. dan M. Singgih Purwanto, S.Si., MT sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir penulis atas waktu, kritik, saran, kesabaran dan seluruh wujud bimbingannya serta segala bantuan yang diberikan.
2. Kedua orang tua penulis dan adik serta kakak penulis yang telah memberikan nasehat, doa, dan motivasi yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Seluruh Dosen Teknik Geofisika FTSP ITS, Dr. Amien Widodo, M.S., Firman Syaifuddin, S.Si., MT atas kesabarannya dalam memberikan wawasan dan ilmu geosisika kepada penulis.
4. Seluruh teman-teman TG-2 yang telah memberikan motivasi dan kebersamaannya selama ini. Untuk teman-teman dekat penulis, kepada Mas Afif dan Andriyan, kepada Albert, Ikmal, Anggi dan Haris yang selalu membantu dalam kesulitan. Kepada teman-teman Secangkir kopi, Dara, Ais, Robi, Tama, Fahmi, Faisal, Paul, Dwi, Pegri dan wawan.
5. Semua pihak yang namanya tidak tercantum karena keikhlasan mereka dalam membantu penulis dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir dan semoga segala amalnya diterima disisi Allah SWT. Amin.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 20 Juli 2017

**Anindya Putri Rahmaningtyas**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Gempa Bumi .....	5
2.1.1 Gempa bumi berdasarkan sumbernya gempa bumi .....	5
2.1.2 Seismisitas Indonesia .....	5
2.2. Gelombang Tanah .....	6
2.3. Mikrotremor .....	7
2.4. Seismometer/Seismograph .....	8
2.5. Periode Predominan Tanah .....	9
2.6. Horizontal to vertical Spectral Ratio (HVSr) .....	10

2.7.	Amplifikasi .....	11
2.8.	Indeks Kerentanan Tanah.....	12
2.9.	Magnitude Gempa.....	13
	2.9.1.Richter Local Gempa .....	13
	2.9.2.Magnitude Gelombang Permukaan.....	14
	2.9.3.Magnitude Gelombang Badan .....	14
	2.9.4.Momen Magnitude.....	14
2.10.	Analisa Resiko Gempa .....	15
	2.10.1 Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) ..	15
2.11	Atenuasi Fukushima dan Tanaka .....	17
2.12	<i>Logic Tree</i> .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>21</b>
3.1.	Lokasi Penelitian.....	21
3.2.	Peralatan dan Bahan.....	24
3.3.	Data .....	24
3.4	Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	29
	3.4.1 Diagram Alir .....	29
	3.4.2 Pengolahan Data Mikrotremor.....	30
	3.4.3 Menghitung Nilai Peak Ground Acceleration.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>33</b>
4.1.	Hasil dan Analisa .....	33
	4.1.1 Pengolahan Data Mentah .....	33
	4.1.2 Frekuensi Dominan Tanah.....	34
	4.1.3 Amplifikasi (Ao).....	36
	4.1.4 Indeks Kerentanan Tanah (Kg).....	38

4.1.5 Peak Ground Acceleration (PGA) .....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	45
5.1. Kesimpulan .....	45
5.2. Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN.....	49
PROFIL PENULIS.....	62

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Empat Tahapan nalisa Resiko Gempa dengan Metode Deterministic seismic Hazard Analysis (DSHA) .....	17
Gambar 2.2 <i>Logic Tree</i> untuk sumber gempa sesar. ....	18
Gambar 2.3 <i>Logic Tree</i> untuk sumber gempa subduksi. ....	19
Gambar 2.4 <i>Logic Tree</i> untuk sumber gempa <i>background</i> . ....	19
 Gambar 3 1 Desain Akuisisi Pengukuran.....	22
Gambar 3 2 Peta Sumber Gempa Bagian Jawa. ....	23
Gambar 3 3 Diagram Alir Penelitian.....	29
 Gambar 4 1 Kurva Peak (1) dan Multiple Peak (2). ....	34
Gambar 4.2 Peta Frekuensi dominan ( $f_0$ ) hasil pengolahan data. ....	35
Gambar 4.3 Peta Amplifikasi ( $A_0$ ) hasil pengolahan data. ....	37
Gambar 4.4 Peta Kerentanan tanah ( $K_g$ ) hasil pengolahan data. ....	39
Gambar 4.5 Peta <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA) pada sumber gempa Surabaya-Kendeng. ....	41
Gambar 4 6 Peta PGA Source Gempa Kendeng-Waru. ....	43

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2 1 Pembagian Zona Tanah di Indonesia. ....	6
Tabel 3 1 Data yang digunakan dalam penelitian.....	23

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Secara geografis, Negara Indonesia memiliki potensi besar sebagai Negara yang sering mengalami gempa bumi. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di wilayah pertemuan tiga lempeng utama yaitu lempeng Hindia-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia. Ketiga lempeng tersebut mengalami pergerakan dengan kecepatan tertentu, contoh lempeng Pasifik bergerak sekitar 12 cm/tahun ke arah barat daya dan lempeng Hindia-Australia bergerak ke arah utara sekitar 7 cm setiap tahunnya. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng tersebut terakumulasi energi akibat tumbukan antar lempeng dan terkumpul sampai pada suatu titik dimana lapisan bumi tidak sanggup lagi menahan energi tersebut sehingga dilepaskan dalam bentuk gempa bumi. Dampak dari pergerakan lempeng tersebut dirasakan oleh seluruh wilayah di Indonesia.

Pada tahun 2016 PUSGEN atau Pusat Studi Gempa Nasional menemukan fakta bahwa letak Surabaya secara geografis berada pada dua patahan bumi yang diperkirakan masih aktif dan diduga suatu saat besar kemungkinan bisa menimbulkan gempa bumi dengan kekuatan besar di wilayah Surabaya. Patahan tersebut adalah sesar Kendeng dan sesar Waru. Meskipun diperkirakan gempa yang ditimbulkan tidak mematikan, namun perlu diperhatikan potensi kerusakan bangunan yang nantinya dapat menimbulkan korban dan kerugian materi, hal ini dikarenakan daerah Surabaya memiliki struktur tanah rentan yang didominasi oleh tanah alluvium yang terbentuk dari tanah endapan sungai dan endapan alluvium.

Telah kita ketahui bahwa dampak dari adanya gempa bumi adalah tingkat kerusakan yang ditimbulkan dari suatu gempa bumi sangat bergantung pada kondisi topografi dan geologi permukaan. Menurut hasil penelitian, patahan atau sesar tersebut membelah Surabaya menjadi dua bagian yaitu utara dan selatan. Daerah Surabaya yang dilewati sesar kendeng tersebut adalah dari jalan Arif Rahman Hakim, Mayjen Sungkono dan menuju ke barat.

Berdasarkan penemuan yang telah diketahui, serta sejarah menunjukkan pernah adanya gempa terjadi di Surabaya. Usaha untuk memprediksi kapan, dimana dan berapa kekuatan gempa bumi sampai saat ini masih belum tepat, maka usaha yang paling baik untuk diupayakan adalah dengan cara mitigasi bencana gempa bumi untuk

mengkaji rencana tata ruang dan wilayah. maka dilakukan penelitian ini untuk menganalisa data mikrotremor yang berguna untuk mengidentifikasi PGA di daerah yang dilewati sesar Kendeng di daerah Surabaya, sehingga nantinya didapatkan peta *Peak Ground Acceleration* atau PGA. Selain itu dilakukan pula analisa kerentanan tanah akibat gempa bumi yang nantinya didapatkan pula peta kerentanan tanah. Peta tersebut menggambarkan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi untuk keperluan rencana tata ruang dan wilayah maupun konstruksi bangunan tahan gempa

Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode HVSR dengan merekam ambient noise atau getaran alami yang timbul dari alam. Dari pengukuran mikrotremor ini digunakan untuk membuat peta percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan kerentanan tanah dengan menentukan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka timbul beberapa permasalahan, yaitu.

1. Berapakah nilai periode dominan dan faktor amplifikasi disekitar jalur sesar Kendeng?
2. Berapakah nilai Peak Ground Acceleration (PGA) dan nilai Kerentanan Seismic didaerah jalur sesar kendeng?
3. Bagaimana tingkat kerawanan gempa bumi yang diketahui dari Peta PGA dan Kerentanan Tanah yang didapatkan?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Data mikrotremor yang digunakan berupa data mikrotremor di sepanjang jalur dugaan sesar Kendeng pada wilayah Surabaya timur (Arif Rahman Hakim) hingga Surabaya tengah (Mayjen Sungkono) dan data mikrotremor seluruh Surabaya yang didapatkan dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Data sekunder lain yang digunakan adalah data mikrotremor wilayah Surabaya Departemen Teknik Geofisika ITS.

2. Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode HVSR untuk analisa percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan Kerentanan Tanah.
3. Pengambilan dan pengolahan data mikrotremor mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh *SESAME European Research Project*.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Mengetahui nilai Percepatan tanah di jalur fugaan Sesar Kendeng.
2. Mengetahui nilai PGA dan Kerentanan Tanah yang dilakukan di jalur dugaan sesar Kendeng.
3. Mengetahui peta PGA dan Kerentanan seismic yang ada di jalur sesar Kendeng.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Memberikan informasi tentang nilai Peak Ground Acceleration dan Ketahanan Tanah di jalur sesar Kendeng untuk seluruh wilayah Surabaya dengan data mikrotremor apabila terjadi peristiwa gempa yang ditimbulkan dari sesar Kendeng tersebut.
2. Memberikan informasi bagi masyarakat dan pemerintah kota Surabaya dan sekitarnya, daerah yang memiliki tingkat bahaya bencana gempa bumi.
3. Memberikan informasi bagi masyarakat dan pemerintah dalam perencanaan tata ruang dan wilayah dalam membuat bangunan tahan gempa bumi sehingga dapat digunakan sebagai langkah mitigasi untuk meminimalkan korban jika terjadi bencana gempa bumi.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Gempa Bumi**

Gempabumi adalah getaran tanah yang disebabkan oleh pecahnya atau bergesernya batuan di suatu tempat di dalam kerak bumi. Sedangkan menurut Hambling (1986) bahwa, “Gempabumi adalah suatu getaran dari bumi yang disebabkan oleh pecahan dan gerakan tiba-tiba karena gaya yang bekerja pada batuan melebihi batas kelenturannya”.

##### **2.1.1 Gempa bumi berdasarkan sumbernya gempa bumi**

Gempa bumi berdasarkan sumber gempa bumi dapat digolongkan menjadi 4 jenis, yaitu:

A. Gempabumi Vulkanik (Gunung api), terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunungapi meletus. Gempabumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

B. Gempabumi Tektonik, disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik.

C. Gempabumi Runtuhan, biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.

D. Gempabumi Buatan, adalah gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.

Berdasarkan Kedalaman Sumber (h) Berdasarkan kedalaman sumber, gempabumi digolongkan menjadi 3, yaitu:

1. Gempabumi dalam  $h > 300$  km.
2. Gempabumi menengah  $80 < h < 300$  km.
3. Gempabumi dangkal  $h < 80$  km.

##### **2.1.2 Seismisitas Indonesia**

Seismisitas merupakan suatu gejala bergetarnya lapisan tanah yang disebabkan oleh adanya kegiatan tektonik seperti penunjaman (*subduksi*) lempeng, sesar, gunungapi, lipatan atau patahan, maupun kondisi geologi lainnya yang dapat menimbulkan getaran–getaran tanah. Secara umum wilayah Indonesia dibagi menjadi 6 zona tanah seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 2.1 Pembagian Zona Tanah di Indonesia.

Zone 1	:	Daerah dengan seismisitas sangat tinggi (7 –8 SR) Irian bagian utara
Zone 2	:	Daerah dengan seismisitas aktif (sekitar 7 SR) Sumatra bagian barat, Selatan Jawa, Nusatenggara, Irian Jaya dan Sulawesi Utara
Zone 3	:	Daerah yang terdapat lipatan, patahan dan rekahan (> 7 SR) Sepanjang pantai Sumatra bagian barat, sepanjang Pantai Jawa bagian Selatan.
Zone 4	:	Daerah lipatan & patahan (sekitar 7) Sumatra, Jawa bagian utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan dan Irian
Zone 5	:	Daerah dengan seismisitas rendah Sepanjang pantai Timur Sumatra dan Kalimantan Tengah
Zone 6	:	Daerah stabil Irian bagian Selatan

## 2.2. Gelombang Tanah

Gelombang tanah merupakan gelombang mekanik yang menyalurkan energi menembus lapisan bumi. Kecepatan penyaluran gelombang tanah ditentukan oleh karakteristik lapisan dimana gelombang tersebut menjalar. Kecepatan gelombang sesimik dipengaruhi oleh rigiditas atau kekakuan dan rapat massa medium. Gelombang yang merambat melewati dua bidang batas dapat mengalami refleksi dan refraksi, hal ini tergantung dari kontras impedansinya. Berdasarkan gerak partikel mediumnya gelombang dapat dikelompokkan menjadi gelombang longitudinal (gelombang P), gelombang transversal (gelombang S), dan gelombang permukaan (gelombang Rayleigh dan gelombang Love).

Gelombang P mempunyai kecepatan rambat gelombang lebih cepat daripada kecepatan rambat gelombang S, dimana gerak partikel medium bergerak bolak-balik searah dengan arah rambat gelombang yang mempengaruhi pergerakan partikel tersebut. Kecepatan rambat gelombang ini, yaitu 4 – 7 km/s di kerak bumi, lebih besar dari 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, lebih kurang dari 1,5 km/s di dalam air, dan lebih kurang 0,3 km/s di udara, besar nilai cepat rambat gelombang P. Sedangkan Gelombang transversal ataupun gelombang S adalah salah satu gelombang badan yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya. Gelombang ini tidak dapat merambat pada fluida, sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi sedangkan pada inti bumi bagian dalam, gelombang ini mampu terdeteksi. Kecepatan rambat gelombang ini adalah 3 – 4 km/s di kerak bumi, sekitar 4,5 km/s di dalam mantel bumi, dan 2,5 – 3,0 km/s di dalam inti bumi.

Pada gelombang permukaan dibagi menjadi 2 yaitu gelombang Rayleigh dan gelombang love. Gelombang Rayleigh merupakan salah satu gelombang permukaan yang terbentuk dari interferensi antara gelombang P dan S-vertikal dan merambat sepanjang *free-surface*. Biasanya gelombang ini lebih dikenal dengan sebutan *ground roll*. Kecepatan fase gelombang Rayleigh merupakan fungsi dari kecepatan gelombang shear, kecepatan gelombang kompresi, densitas dan ketebalan lapisan. Gelombang Rayleigh memiliki kecepatan antara 2.0 – 4.2 km/s di dalam bumi, dengan besar amplitudonya menurun secara eksponensial sebagai fungsi kedalaman. Kecepatan rambat gelombang ini ( $V_r$ ) = 0.9  $V_s$  (kecepatan gelombang transversal). Pada medium berlapis, kecepatan gelombang Rayleigh juga bergantung pada frekuensi atau panjang gelombang dan pada dasarnya untuk mendapatkan nilai parameter-parameter diatas dengan inversi gelombang Rayleigh. Partikel-partikel bergerak ke arah propagasi (horizontal) dari gelombang dan dengan gerakan berputar dalam permukaan vertikal yang tegak lurus terhadap arah propagasi (horizontal) dari gelombang tersebut. Sedangkan Gelombang love adalah gelombang permukaan yang terdiri dari pergerakan parallel gelombang S secara horisontal pada permukaan. Dalam penjalarannya, partikel-partikel medium bergerak tegak lurus terhadap arah propagasi (horizontal) dari gelombang tersebut. Pada frekuensi yang tinggi kecepatan gelombang love mendekati kecepatan pada gelombang shear dan pada frekuensi mendekati nol, kecepatan gelombang love mendekati kecepatan gelombang stoneley pada permukaan yang lebih rendah.

### 2.3. Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti, lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain. Lang mendefinisikan mikrotremor sebagai noise periode pendek yang berasal dari sumber artifisial. Gelombang ini bersumber dari segala arah yang saling beresonansi. Mikrotremor dapat juga diartikan sebagai getaran harmonik alami tanah yang terjadi secara terus menerus, terjebak dilapisan sedimen permukaan, terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan alam lainnya. Karakteristik mikrotremor mencerminkan karakteristik batuan di suatu daerah. Penelitian mikrotremor juga banyak dilakukan pada studi penelitian struktur tanah (soil investigation) untuk

mengetahui keadaan bawah permukaan tanah. Penelitian mikrotremor dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan parameter periode dominannya dan faktor penguatan gelombangnya (amplifikasi).

Dalam kajian teknik kegempaan, litologi yang lebih lunak mempunyai resiko yang lebih tinggi bila digoncang gelombang gempabumi, karena mengalami penguatan (amplifikasi) gelombang yang lebih besar dibandingkan dengan batuan yang lebih kompak. Sejak Omori mengamati mikrotremor untuk pertama kalinya tahun 1908, banyak para ahli seismologi dan insinyur teknik gempabumi menyelidiki mikrotremor baik dari segi ilmiah maupun terapannya, sebab kegunaan mikrotremor banyak sekali, diantaranya:

1. Mikrotremor berguna untuk mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan periode dominan yang harganya spesifik untuk tiap jenis tanah, sebab tanggapan bangunan terhadap getaran gempabumi sebagian besar bergantung pada komposisi tanah di tempat bangunan berdiri.
2. Dari penyelidikan di Jepang telah ditetapkan bahwa mikrotremor digunakan tidak hanya sebagai alat untuk mengantisipasi sifat gerakan gempabumi tetapi juga untuk membuktikan koefisien gaya yang telah ditetapkan dalam perencanaan bangunan tahan gempa.
3. Menjelaskan struktur bawah permukaan tanah di tempat mikrotremor diamati.

## **2.4. Seismometer/Seismograph**

Seismometer merupakan sensor yang dapat merespon getaran tanah dan menangkap sinyal yang dapat direkam oleh seismograph. Seismometer memiliki tiga detektor yang dapat mendeteksi getaran tanah. Sebuah seismograph terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

1. Sensor Sensor dalam seismograph disebut seismometer, yaitu sensor yang menangkap gelombang seismik yang berbentuk besaran fisik. Bentuk output dari seismometer adalah tegangan listrik. Seismometer terbagi menjadi dua jenis yaitu *Short Period* dan *Broadband*.
2. Amplifier atau pengkondisi sinyal Amplifier berfungsi sebagai penguat tegangan seismometer. Karena tegangan yang dihasilkan oleh seismometer belum dapat diolah langsung oleh ADC, maka perlu dikuatkan dan dipilih (difilter) oleh



pengkondisi sinyal. Hasil dari bagian pengkondisi sinyal ini menjadi masukan bagi ADC.

3. ADC (*Analog to Digital Converter*) ADC (*Analog to Digital Converter*) berfungsi sebagai pengubah sinyal analog, berupa tegangan listrik yang dikeluarkan oleh pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital. Bentuk sinyal digital akan diproses menjadi sebuah informasi. *Digitizer* juga diintegrasikan pada ADC dengan sebuah data logger sebagai penyimpan data. Sehingga data tersebut tidak hilang dan dapat dipergunakan sewaktu-waktu.
4. Sistem pewaktu atau Time system Sistem pewaktu dalam seismograph sangat penting sebagai penyedia informasi waktu dari parameter gempabumi. Sistem pewaktu diperoleh dari RTC (*Real Time Clock*) dan GPS (*Global Position System*) untuk saling melengkapi.
5. *Recorder* berfungsi sebagai pencatat atau perekam data, yaitu berupa sebuah PC atau laptop yang selanjutnya dilakukan analisis data lanjutan dengan software analisis.
6. *Power Supply* yang digunakan adalah tegangan DC atau searah. Untuk sebuah seismograph, tegangan dari sumber masuk ke digitizer dan didistribusikan ke semua bagian.

## 2.5. Periode Predominan Tanah

Dalam mencari nilai percepatan tanah di suatu tempat, perlu digunakan nilai periode dominan tanah di tempat itu, berdasarkan hubungan:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

dengan  $T$  adalah periode (s), dan  $f$  adalah frekuensi (Hz) maka nilai periode dominan tanah di suatu tempat dapat dicari dengan mencari nilai frekuensi predomannya terlebih dahulu. Untuk mencari nilai frekuensi predomnan tanah, bisa digunakan teknik *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).

Kondisi tanah setempat mempengaruhi karakteristik gelombang gempabumi selama gempabumi terjadi. Endapan lunak akan memperkecil frekuensi getaran tanah dan memperpanjang durasinya, sehingga akan menambah efek kerusakan yang ditimbulkan. Gelombang tanah pada saat menjalar, terjebak dalam lapisan tanah lunak dan fenomena multi refleksi terjadi, menghasilkan getaran tanah yang sesuai dengan periode. Periode

tersebut dinamakan periode predominan tanah Kanai dan Tanaka pada tahun 1961 mengusulkan dua metode untuk mengklasifikasi profil tanah, serta Omote dan Nakajima mengusulkan tiga metode untuk mengklasifikasikan profil tanah (Ibrahim, 2005). Kedua jenis klasifikasi tersebut telah dikonversi dan dipakai sebagai standar dalam perencanaan bangunan tahan gempa bumi.

## 2.6. Horizontal to vertical Spectral Ratio (HVSr)

Metode HVSr pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Iragashi (1971) yang menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang Rayleigh yang kemudian disempurnakan oleh Nakamura (1989) yang menyatakan bahwa perbandingan spectrum  $\frac{H}{V}$  sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi site transfer. Faktor amplifikasi dari komponen horizontal dan vertikal pada permukaan tanah yang bersentuhan langsung dengan batuan dasar di area cekungan dilambangkan dengan  $T_H$  dan  $T_V$ . Besarnya faktor amplifikasi horizontal  $T_H$  adalah

$$T_H = \frac{S_{HS}}{S_{HB}} \quad (2.2)$$

Dengan  $S_{HS}$  adalah spektrum dari komponen gerak horizontal di permukaan tanah dan  $S_{HB}$  adalah spektrum dari komponen gerak horizontal pada dasar lapisan tanah. Besarnya faktor amplifikasi vertical  $T_V$  adalah

$$T_V = \frac{S_{VS}}{S_{VB}} \quad (2.3)$$

$S_{VS}$  adalah spektrum dari komponen gerak vertikal di permukaan tanah dan  $S_{VB}$  adalah spektrum dari komponen gerak vertikal pada dasar lapisan tanah.

Data mikrotremor tersusun atas beberapa jenis gelombang, tetapi yang utama adalah gelombang Rayleigh yang merambat pada lapisan sedimen di atas batuan dasar. Pengaruh dari gelombang Rayleigh pada rekaman mikrotremor besarnya sama untuk komponen vertikal dan horizontal saat rentang frekuensi 0,2-20,0 Hz, sehingga rasio spektrum antara komponen horisontal dan vertikal di batuan dasar mendekati nilai satu

$$\frac{S_{HS}}{S_{VB}} \approx 1 \quad (2.4)$$

Dan jika dibulatkan menjadi persamaan (2.4), pembulatan dilakukan karena hasilnya mendekati satu.

Karena rasio spektrum antara komponen horisontal dan vertikal di batuan dasar mendekati nilai satu, sehingga hanya ada pengaruh yang disebabkan oleh struktur geologi lokal atau site effect ( $T_{site}$ ). ( $T_{site}$ ) menunjukkan puncak amplifikasi pada frekuensi dasar dari suatu lokasi. Dari persamaan diatas maka didapatkan besarnya ( $T_{site}$ ) adalah

$$T_{site} = \frac{TH}{Tv} \quad (2.5)$$

Dengan memasukkan persamaan (6) ke persamaan (7) maka didapatkan

$$T_{site} = \frac{SHS}{SVS} \quad (2.6)$$

Persamaan diatas menjadi dasar perhitungan rasio spektrum mikrotremor komponen horizontal terhadap komponen vertikalnya atau *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) sebagai berikut:

$$HVSr = T_{site} = \frac{SHS}{SVS} = \frac{\sqrt{(Sutara-Selatan)^2 + (Sbarat-Timur)^2}}{Svertikal} \quad (2.7)$$

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Percepatan getaran tanah merupakan gangguan yang dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipilih percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) untuk dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi.

Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah yang terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gempa bumi. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi di suatu tempat, semakin besar bahaya dan resiko gempa bumi yang mungkin terjadi. Percepatan tanah adalah faktor utama yang mempengaruhi konstruksi bangunan dan menimbulkan momen gaya yang terdistribusikan merata di titik-titik bangunan, sehingga percepatan tanah merupakan titik tolak perhitungan bangunan tahan gempa.

## 2.7. Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang tanah yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang tanah mengalami perbesaran jika merambat pada suatu

medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar perbedaan itu, maka perbesaran yang dialami gelombang tersebut akan semakin besar. Hal ini dinyatakan juga oleh Nakamura dimana nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Bila perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut tinggi maka nilai penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya. Marjiyono (2010) menyatakan bahwa, amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spectral horizontal dan vertikalnya (H/V). nilai amplifikasi bisa bertambah jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau peseseran) yang mengubah sifat fisik batuan.

## 2.8. Indeks Kerentanan Tanah

Indeks kerentanan Tanah (Kg) merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi (Nakamura, 2008). Indeks kerentanan tanah didapat dari pergeseran regangan permukaan tanah dan strukturnya saat terjadi gempa bumi. Menurut Nakamura (2008), kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi terjadi pada saat gaya gempa bumi melebihi batas dari regangan (*strain*) sehingga terjadi deformasi lapisan tanah permukaan.

Pada kondisi regangan, indeks kerentanan tanah dapat didefinisikan dalam skala 10-6/(cm/s<sup>2</sup>). Dalam penentuan indeks kerentanan tanah perlu diperhatikan *shear strain* pada permukaan tanah. Besarnya pergeseran regangan tanah dapat dihitung dengan persamaan

$$\gamma = \frac{Ag\delta}{H} \quad (2.8)$$

dimana  $Ag$  adalah faktor amplifikasi,  $\delta$  adalah pergeseran gelombang tanah di bawah permukaan tanah (m), dan  $H$  adalah ketebalan lapisan tanah (m). Kecepatan pergeseran gelombang di bawah permukaan tanah dan pada permukaan tanah masing-masing disimbolkan sebagai  $V_b$  dan  $V_s$ . Besar frekuensi dominan ( $f_g$ ) pada permukaan tanah dirumuskan sebagai:

$$f_g = \frac{V_s}{4H} \quad (2.9)$$

maka besar ketebalan lapisan adalah

$$H = \frac{V_s}{4f_g} \quad (2.10)$$

Besarnya frekuensi predominan dibawah permukaan tanah adalah

$$fg = \frac{vb}{4 AgH} \quad (2.11)$$

percepatan gelombang di batuan dasar  $\alpha b$  dapat dirumuskan sebagai:

$$\alpha b = (2\pi fg)^2 \delta \quad (2.12)$$

apabila  $\gamma$  pada persamaan (10) dirumuskan dengan memasukkan persamaan (13) dan (14), maka diperoleh

$$\gamma = \frac{Ag\alpha b}{(2\pi fg)^2} \frac{4Agfg}{vb} = \frac{Ag^2}{fg} \frac{ab}{\pi^2 vb} \quad (2.13)$$

Jika efisien dari penerapan gaya dinamis yang berpengaruh terhadap regangan adalah sebesar  $e\%$  dari gaya statis, maka besarnya regangan efektif  $\gamma_e$  adalah

$$\gamma_e = Kg (e) \alpha b \quad (2.14)$$

Sehingga

$$Kg = \frac{Ag^2}{fg} \frac{1}{\pi^2 vb} \quad (2.15)$$

Nilai dari  $Vb$  mendekati nilai konstan di suatu daerah dan  $Kg$  adalah nilai yang ditentukan pada suatu titik, sehingga  $Kg$  dapat dianggap sebagai indeks kerentanan suatu daerah yang terdeformasi yang diukur pada suatu titik. Dalam penentuan nilai indeks kerentanan tanah suatu daerah, faktor-faktor kondisi geologi daerah setempat perlu dipertimbangkan. Tingkat indeks kerentanan tanah yang tinggi biasanya ditemukan pada daerah dengan frekuensi resonansi yang rendah.

## 2.9. Magnitude Gempa

Kemungkinan untuk memperoleh ukuran suatu gempa sejalan dengan berkembangnya instrumentasi modern untuk mengukur besarnya gerakan tanah selama terjadi gempa. Instrumentasi kegempaan dapat mengukur secara objektif kuantitatif besarnya gempa, yang disebut magnitude gempa.

### 2.9.1. Richter Local Gempa

Pada tahun 1935, Charles Richter dengan menggunakan seismometer Wood-Anderson mendefinisikan skala magnitude untuk gempa dangkal dan gempa lokal (jarak episenter lebih kecil dari 600 km) di selatan California. Skala magnitude yang didefinisikan oleh Richter ini dikenal sebagai magnitude lokal (local magnitude, ML) dan merupakan skala magnitude yang terkenal dan dipakai hingga saat ini.

### 2.9.2. Magnitude Gelombang Permukaan

Richter Local Magnitude tidak memperhitungkan adanya gelombang yang berbeda. Skala magnitude lain mulai dikembangkan berdasarkan amplitudo gelombang tertentu yang dihasilkan akibat adanya gempa. Pada jarak episentral yang besar, gelombang badan biasanya mengalami penyebaran dan pelemahan, sehingga menghasilkan gerakan yang didominasi oleh gelombang permukaan. Magnitude gelombang permukaan (surface wave magnitude, MS) merupakan skala magnitude yang berdasarkan amplitudo gelombang Rayleigh dengan periode sekitar 20 detik, yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$MS = \log A + 1.66 \log \Delta + 2.0 \quad (2.16)$$

dimana:

A = perpindahan tanah maksimum (mikrometer)

$\Delta$  = jarak episentral terhadap seismometer (dalam derajat)

Magnitude gelombang permukaan ini biasanya digunakan untuk mendeskripsikan besarnya gempa dangkal, dengan jarak menengah hingga jauh (lebih dari 1000 km).

### 2.9.3. Magnitude Gelombang Badan

Untuk gempa dengan fokus yang dalam, besar gelombang permukaan lebih kecil daripada yang disyaratkan untuk melakukan pengukuran magnitude gelombang tersebut. Magnitude gelombang badan (body wave magnitude, mb) merupakan skala magnitude yang didasarkan pada amplitudo beberapa siklus pertama dari p-wave, dimana tidak terlalu dipengaruhi oleh kedalaman fokus. Magnitude gelombang badan diperoleh dari persamaan empiris berikut ini:

$$mb = \log A - \log T + 0.01 \Delta + 5.9 \quad (2.2) \quad (2.17)$$

dimana:

A = amplitudo (mikrometer)

T = periode p -wave (biasanya sekitar satu detik)

$\Delta$  = jarak episenter terhadap seismometer (dalam derajat)

### 2.9.4. Momen Magnitude

Magnitude gempa yang diuraikan di atas merupakan magnitude gempa empiris berdasarkan berbagai pengukuran dengan bantuan instrumentasi karakteristik guncangan tanah. Ketika sejumlah energi terlepas saat terjadinya peningkatan gempa, karakteristik guncangan tanah belum tentu meningkat pula. Pada gempa yang besar, karakteristik guncangan tanah kurang sensitif terhadap besarnya gempa

dibanding pada gempa yang lebih kecil. Fenomena ini dikenal sebagai kejenuhan; gelombang badan dan Richter local magnitude menjadi jenuh pada magnitude 6 hingga 7; dan magnitude gelombang permukaan menjadi jenuh pada MS = 8. Untuk mendeskripsikan ukuran gempa yang sangat besar, dibutuhkan suatu skala magnitude yang tidak tergantung padatingkat guncangan tanah dan tidak akan jenuh. Skala magnitude yang tidak akan menjadi jenuh adalah moment magnitude (Kanamori, 1977; Hanks dan Kanamori, 1979) karena didasarkan pada momen gempa, yang diukur langsung dari faktor keruntuhan sepanjang patahan. Moment magnitude  $M_w$  ini diperoleh dari persamaan:

$$M_w = \frac{\log M_0}{1.5} - 10.7 \quad (2.18)$$

dimana  $M_0$  adalah momen gempa dalam dyne-cm.

## **2.10. Analisa Resiko Gempa**

Analisa resiko gempa (seismic hazard analysis) meliputi estimasi kuantitatif dari guncangan tanah (ground-shaking) pada suatu lokasi tertentu. Resiko gempa dapat dianalisa secara deterministik dengan mengambil suatu asumsi tertentu mengenai kejadian gempa atau secara probabilistik dimana dalam analisa juga mempertimbangkan secara eksplisit ketidakpastian dari besarnya gempa, lokasi maupun waktu teriadinya.

### **2.10.1 Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)**

Salah satu metoda analisa resiko gempa adalah metoda Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA), dimana dalam metoda ini evaluasi dari gerakan tanah (ground motion) untuk suatu wilayah didasarkan kepada skenario gempa wilayah tersebut. Skenario gempa ini berisi tentang kejadian gempa dengan besar (magnitude) tertentu yang akan terjadi pada lokasi tertentu. Prosedur analisa resiko gempa dengan metoda DSHA ini secara sistematis dapat dilihat pada Gambar. Secara tipikal, analisa resiko gempa dengan metoda DSHA ini dapat dibagi menjadi 4 (empat) proses tahapan (Reiter, 1990) sebagai berikut:

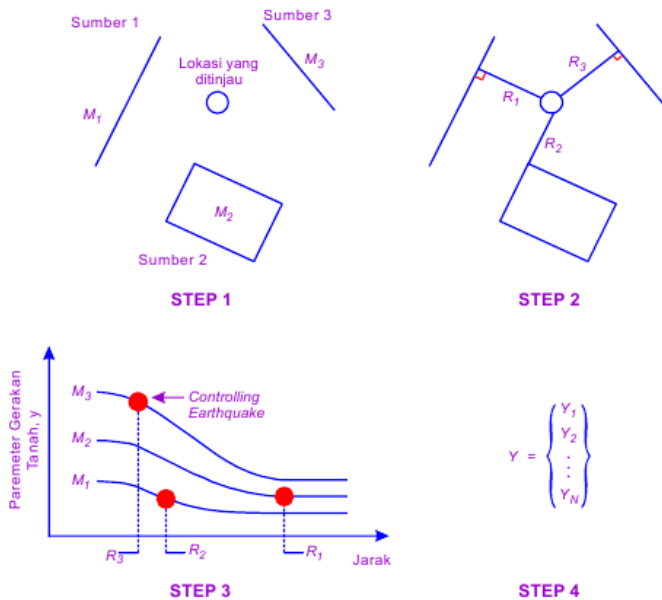
1. Identifikasi dan karakterisasi semua sumber gempa yang mempunyai kapasitas menghasilkan gerakan tanah pada suatu lokasi. Karakterisasi sumber ini termasuk juga pendefinisian geometri dari masing-masing sumber (source zone) dan potensi gempa.
2. Pemilihan parameter jarak dari sumber ke lokasi (source-to-site distance parameter). Biasanya dalam metoda DSHA, jarak yang

dipilih adalah jarak terdekat antara zona sumber gempa (source zone) dengan lokasi yang ditinjau. Jarak yang digunakan dapat diekspresikan sebagai jarak dari episenter atau jarak dari hiposenter, dimana hal ini tergantung pada pengukuran jarak dari persamaan empiris yang akan digunakan untuk memprediksi pada tahap berikutnya.

3. Pemilihan controlling earthquake, yaitu gempa yang diperkirakan akan menghasilkan tingkat guncangan yang terkuat, dimana biasanya diekspresikan dalam parameter gerakan tanah pada suatu lokasi. Pemilihan ini dilakukan dengan membandingkan tingkat guncangan yang dihasilkan oleh gempa (yang diidentifikasi dalam tahap pertama) yang diasumsikan terjadi pada jarak yang diidentifikasi pada tahap kedua. Controlling earthquake ini biasanya dideskripsikan dengan besar (umumnya diekspresikan sebagai magnitude) dan jaraknya dari lokasi yang bersangkutan.
4. Resiko yang terjadi pada suatu lokasi kemudian didefinisikan biasanya dalam bentuk gerakan tanah yang terjadi pada lokasi tersebut akibat controlling earthquake. Karakteristik tersebut biasanya dideskripsikan oleh satu atau lebih parameter gerakan tanah yang diperoleh dari persamaan empiris yang digunakan.

Percepatan puncak (peak acceleration), kecepatan puncak (peak velocity) dan ordinat spektrum respon (response spectrum ordinates) biasanya digunakan untuk mengkarakteristikan resiko gempa.





Gambar 2.1 Empat Tahapan analisa Resiko Gempa dengan Metode Deterministic seismic Hazard Analysis (DSHA)

## 2.11 Atenuasi Fukushima dan Tanaka

Instrumentasi kegempaan dapat mengukur Fungsi atenuasi ini dikembangkan untuk percepatan maksimum horizontal yang berlaku pada sumber gempa di sekitar Jepang. Data yang digunakan terdiri dari 1372 komponen percepatan tanah maksimum horizontal dari 28 gempa yang terjadi di Jepang dan 15 gempa yang terjadi di Amerika serta di negara lain. Model atenuasi yang digunakan untuk menghitung bagaimana penyebaran geometrik dari gelombang gempa. Beberapa peneliti dari Indonesia menganjurkan penggunaan persamaan ini untuk patahan (fault) permukaan yang ada di Sumatera dan Jawa. Persamaan empiris dari persamaan fungsi atenuasi ini adalah:

$$LOGA_{max} = 1.30 + 0.41 MS - \log [R + 0.032 \times 10^{0.41MS}] - 0.0034R \quad (2.19)$$

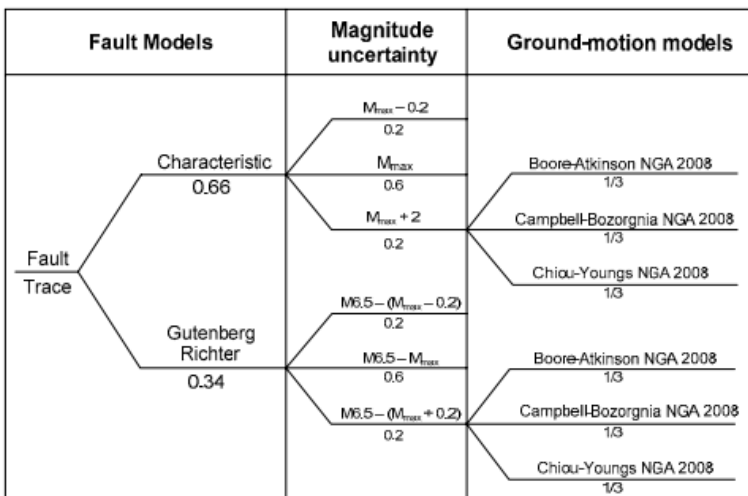
dimana:

MS = magnitude gelombang permukaan

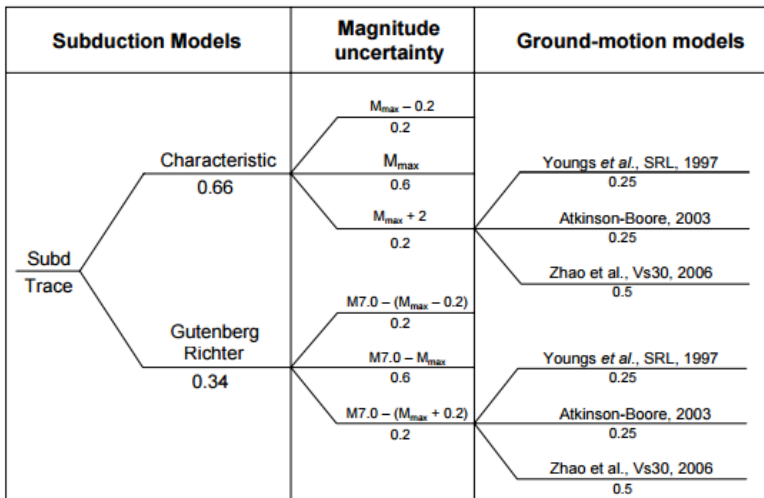
$R$  = jarak terdekat dari lokasi ke sumber gempa (km) secara objektif kuantitatif besarnya gempa, yang disebut magnitude gempa.

## 2.12 Logic Tree

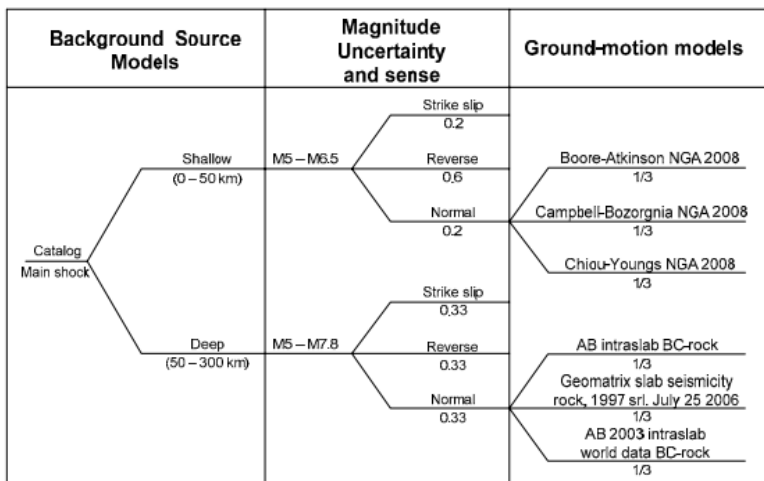
Pendekatan dengan menggunakan logic tree memungkinkan untuk penggunaan beberapa alternatif metode atau model dengan menentukan faktor bobot yang menggambarkan persentase kemungkinan keakuratan relatif suatu model terhadap model lainnya. Pemakaian logic tree dalam Seismic Hazard Analysis (SHA) sangat diperlukan akibat adanya faktor ketidakpastian dalam pengelolaan data untuk analisis seismic hazard. Dengan adanya model treatment ini, data, parameter sumber gempa, dan model atenuasi yang digunakan bisa diakomodir dengan bobot sesuai dengan ketidakpastiannya. Dalam menggunakan logic tree, satu analisis resiko gempa diselesaikan untuk kombinasi model atau parameter yang berkaitan dengan tiap ujung cabang. Hasil tiap analisis diberi nilai bobot kemungkinan relatif dari kombinasi cabang, dengan hasil akhir diambil sebagai penjumlahan dari nilai bobot masing-masing. Model logic tree yang dipakai disesuaikan dengan model sumber gempa yang digunakan. Model untuk sumber gempa sesar, subduksi dan background seperti yang terlihat pada Gambar berikut:



Gambar 2.2 Logic Tree untuk sumber gempa sesar.



Gambar 2.3 *Logic Tree* untuk sumber gempa subduksi.



Gambar 2.4 *Logic Tree* untuk sumber gempa *background*.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi Penelitian**

Perencanaan pengambilan data tugas akhir ini dilakukan di sekitar jalur kendeng, selain melakukan pengambilan data secara mandiri, peserta menggunakan data sekunder yang didapatkan dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi serta data pendukung lain yang didapatkan dari data akuisisi tim Departemen Teknik Geofisika. Sebelum dilakukan penelitian, akan dilakukan survey di lokasi penelitian dan studi literatur.

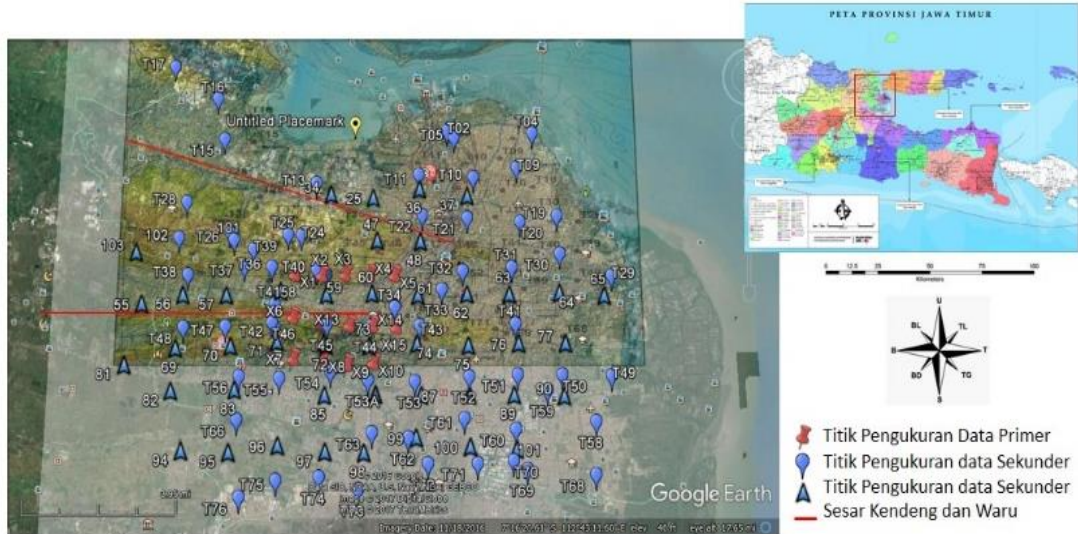
Wilayah kota Surabaya merupakan dominan daerah dataran rendah, yang berkisar 80% merupakan endapan alluvial dan sisanya merupakan perbukitan rendah yang dibentuk oleh tanah hasil pelapukan batuan tersier/tua.

Tanah endapan alluvial ini terdiri dari endapan sungai, rawa, delta, dan endapan pantai atau merupakan campuran dari endapan-endapan tersebut di atas. Endapan sungai didominasi oleh endapan berukuran pasir dengan sedikit lanau dan lempung, endapan rawa didominasi oleh endapan berukuran lanau-lempung dengan sedikit bahan organik, dan endapan pantai didominasi oleh endapan berukuran pasir halus yang mengandung kerang. Endapan delta merupakan endapan percampuran antara endapan sungai, endapan rawa, endapan pantai sehingga lapisan tanah akan berselang-seling. Tanah hasil pelapukan batuan tua umumnya mempunyai potensi kembang-susut sangat tinggi.

Secara geologi kota Surabaya terbentuk oleh batuan sedimen yang berumur Miosen sampai Plistosen. Batuan sedimennya adalah bagian dari lajur Kendeng dengan formasi Sonde, Lidah, Pucangan, dan formasi Kabuh. Batuan dasar untuk kota Surabaya merupakan formasi Lidah yang berumur Pliosen (pre-tertiary).

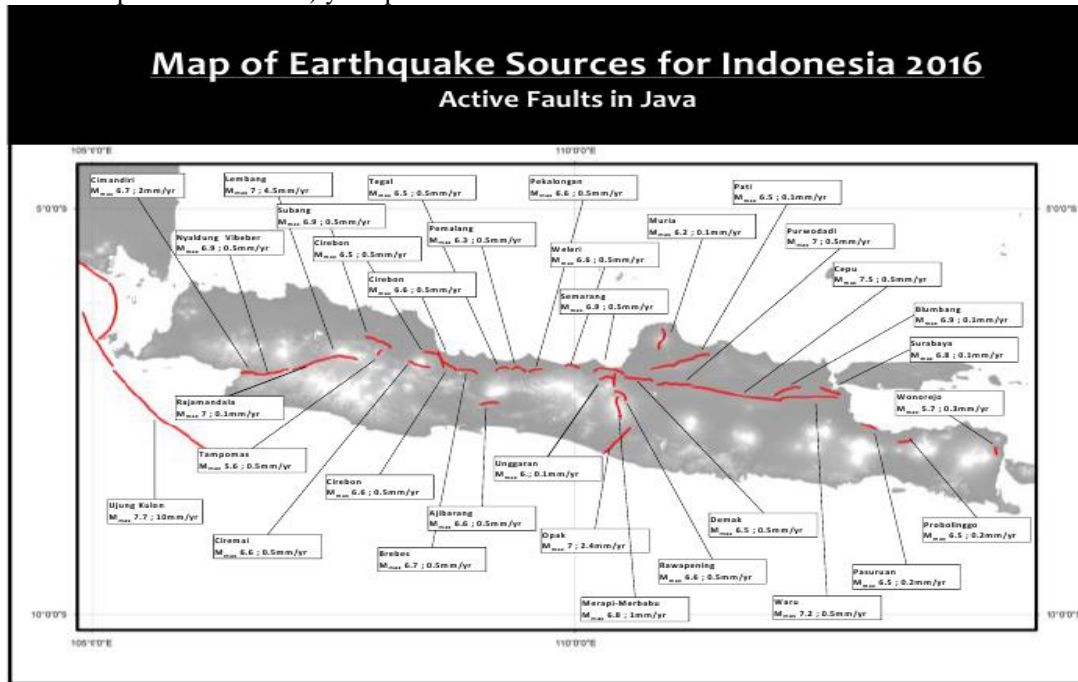
Adapun desain akuisisi yang digunakan untuk melakukan pengukuran adalah sebagai berikut:

# Peta Desain Akuisisi Penelitian



Gambar 3 1 Desain Akuisisi Pengukuran.

Peta desain akuisisi tersebut telah disesuaikan dengan peta gempa Indonesia 2012 dan 2016 oleh PuSGeN (Pusat Studi Gempa Bumi Nasional) yaitu peta berikut:



Gambar 3 2 Peta Sumber Gempa Bagian Jawa.

### 3.2. Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini, alat dan bahan yang digunakan untuk keperluan akuisisi dan processing adalah:

1. Mikrotremor SARA (1 unit)
2. GPS (1 unit)
3. Datasheet
4. Kompas geologi (1 unit)
5. Laptop dengan software easyHVSr (1 unit)

### 3.3. Data

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi 2 (dua), yaitu:

1. Data primer: Data hasil akuisisi tahanan jenis pada daerah penelitian.
2. Data sekunder: Data pendukung yang digunakan untuk membantu selama proses pengolahan data berlangsung.

Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir yang berjumlah 113 data primer dan sekunder ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 3 1 Data yang digunakan dalam penelitian.

Titik	lokasi	
	x	y
X01	685526	9195837
X02	686682	9195804
X03	687694	9195830
X04	688734	9195825
X05	689803	9195792
X06	685463	9194175
X07	685500	9192577
X08	686772	9192551
X09	687777	9192344
X10	688889	9192396
X12	686695	9193847
X13	687868	9193843



X14	688850	9193824
X15	689870	9193751
T02	692245	9201476
T04	695961	9201336
T05	692555	9201193
T09	695262	9199952
T10	693364	9199560
T11	690999	9199667
T13	686543	9199351
T15	682499	9201166
T16	682160	9202861
T17	680219	9204213
T19	696952	9197992
T20	695353	9197751
T21	693077	9197915
T22	691134	9198026
T24	685927	9197245
T25	685348	9197272
T26	682842	9197361
T28	680927	9198604
T29	699212	9195603
T30	697028	9196471
T31	694950	9195942
T32	692849	9195807
T33	691944	9195084
T34	689929	9194393
T35	687020	9195659
T36	684668	9196000
T37	683493	9196010

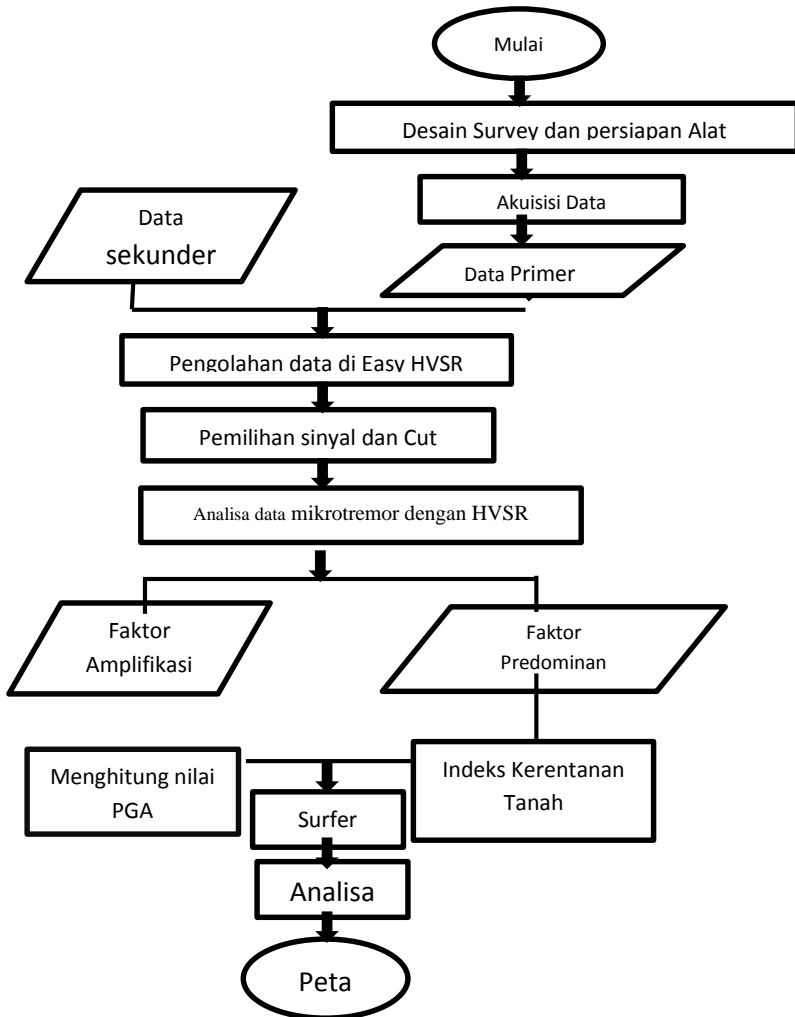
T38	681078	9195699
T39	699094	9193664
T40	696997	9193613
T41	695060	9193738
T42	692779	9193608
T43	690977	9193686
T44	688921	9193664
T45	687046	9193737
T46	684711	9193817
T47	682737	9193678
T48	680946	9193651
T49	699055	9191731
T50	696975	9191768
T51	695095	9191782
T52	693051	9191718
T53	690759	9191537
T55	685056	9191677
T56	683356	9191762
T58	698329	9190009
T59	696330	9191185
T60	694967	9189731
T61	692826	9190137
T62	690467	9189428
T63	688953	9189617
T66	683296	9190125
T68	698240	9188041
T69	695406	9188245
T70	694839	9188560
T71	693348	9188468

T72	691287	9187954
T73	688385	9187529
T74	686757	9187980
T75	684974	9187871
T76	683461	9187265
SBY025	691086	9200927
SBY034	687164	9198964
SBY036	691018	9199109
SBY037	693075	9198813
SBY047	689247	9197116
SBY048	691073	9197025
SBY055	679166	9194588
SBY056	680945	9194941
SBY057	682705	9194992
SBY059	687004	9194987
SBY060	688968	9195024
SBY061	690907	9194946
SBY062	693036	9194993
SBY063	694838	9194937
SBY064	696950	9194996
SBY065	698860	9194907
SBY070	682963	9192965
SBY071	684931	9193135
SBY072	687026	9192997
SBY073	688826	9192967
SBY074	690850	9193040
SBY075	693032	9192978
SBY077	697141	9193024
SBY082	680414	9191042

SBY083	683112	9191039
SBY085	686968	9190976
SBY086	689092	9191095
SBY087	691004	9191095
SBY088	693008	9191048
SBY089	694923	9191062
SBY090	697000	9190997
SBY095	682976	9188974
SBY097	686982	9188971
SBY098	688608	9188907
SBY099	690758	9189334
SBY100	692998	9189059
SBY101	694949	9188965
SBY102	697017	9188997

### 3.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Diagram Alir



Gambar 3 3 Diagram Alir Penelitian.

### **3.4.2 Pengolahan Data Mikrotremor**

Dengan menggunakan software easy HVSR, tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Input data. Inputan data yang diperlukan adalah data NS, EW, dan Z.
2. Penentuan parameter.
3. Pemilihan window. Pemilihan time window yaitu dengan lebar window agar hasil yang diperoleh akan reliable.
4. FFT komponen. FFT adalah suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu dan domain frekuensi. Domain waktu didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan sebuah isyarat atau gelombang untuk mencapai suatu gelombang penuh. FFT dihitung pada masing-masing komponen dari sinyal yang dipilih dan estimasi yang reliable dari puncak frekuensi HVSR menggunakan algoritma smoothing yang diusulkan oleh Krono dan Ohmachi dengan koefisien bandwidth sebesar 40. Data yang sudah difilter, dianalisa dengan metode HVSR yang didapat dari akar kuadrat dari amplitude spectrum Fourier horizontal (NS dan EW) dibagi dengan spektrum Fourier vertikal.
5. Smoothing.
6. Kurva HVSR. Kurva HVSR didapatkan dari rata-rata HVSR dan standar deviasinya.
7. Setelah didapatkan kurva H/V dari pengolahan menggunakan software easy HVSR, maka didapatkan nilai  $F_0$  dan  $A_0$  yang selanjutnya nilai tersebut diinputkan kedalam rumus  $K_g$  (Kerentanan Tanah) sehingga didapatkan nilai  $K_g$  yang dicari.

### **3.4.3 Menghitung Nilai PGA (Peak Ground Acceleration)**

Untuk mendapatkan nilai PGA permukaan, dilakukan secara deterministic rumus atenuasi Fukushima dan Tanaka yang berdasarkan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Identifikasi dan karakterisasi sumber gempa yang mempunyai kapasitas menghasilkan gerakan tanah di suatu lokasi. Dalam penelitian ini digunakan

- pengukuran dengan 2 sumber gempa yang masing-masing nilainya berbeda.
2. Kedua dibutuhkan parameter jarak terdekat dari sumber gempa ke titik pengukuran.
  3. Ketiga merupakan penentuan nilai magnitude gempa yang nilainya telah diketahui yaitu sebesar 4.6 dan 5.6 Ms. Nilai tersebut didapatkan dari nilai Mw yang diketahui dan telah dikonversikan untuk mendapatkan nilai Ms nya.
  4. Nilai Magnitude dan Jarak digunakan untuk mendapatkan nilai Amax yang diinputkan pada rumus Fukushima dan Tanaka.
  5. Untuk mendapatkan nilai PGA permukaan, maka diperlukan nilai Ao (amplifikasi) yang didapatkan dari pengolahan data yang telah dilakukan. lalu didapatkan nilai PGA permukaan dengan cara mengalikan nilai Amax yang didapatkan dengan nilai Ao (Amplifikasi).
- .

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

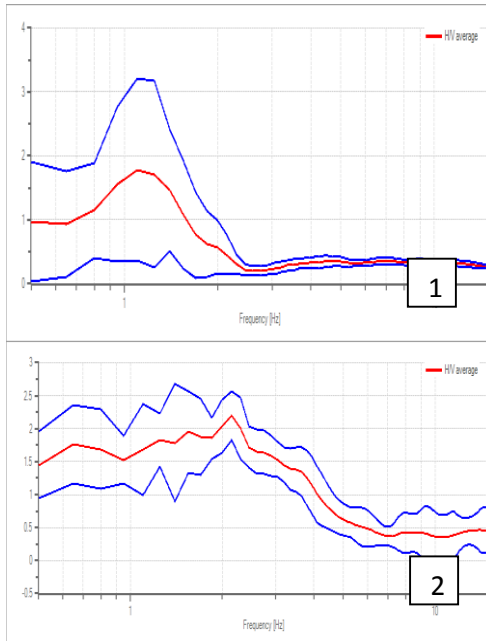
#### **4.1. Hasil dan Analisa**

Data pengukuran lapangan merupakan data getaran tanah dalam fungsi waktu. Data tersebut tersusun atas 3 komponen, yaitu komponen vertikal (up and down), horizontal (North-South dan East-West). Selanjutnya data numerik dari rekaman gelombang yang terukur dapat digunakan untuk mendapatkan frekuensi dominan. Dilakukan pengolahan data sekunder dengan menggunakan software pendukung yaitu Easy HVSR dan Surfer.

##### **4.1.1 Pengolahan Data Mentah**

Pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR yang didasarkan pada perbandingan antara amplitudo spektral komponen horizontal terhadap komponen vertical. Hasil pengolahan yang didapatkan berupa grafik Horizontal to vertical (H/V0), yang didapatkan dari hasil Fast Fourier Transform (FFT) dari data yang ada. Dari hasil pengolahan didapatkan nilai faktor amplifikasi ( $A_0$ ) dan frekuensi dominan tanah ( $f_0$ ) yang dihasilkan dari pengolahan dengan teknik HVSR. Untuk penentuan nilai PGA digunakan metode Kanai dengan mensubstitusikan nilai  $A_0$ ,  $F_0$  dan  $T_0$  yang didapatkan dari pengolahan kedalam rumus kanai dan menggunakan data empiris magnitude yang diperoleh dari peta updating sesar Surabaya tahun 2017.

Dari seluruh data penelitian yang diolah adalah sebanyak 113 titik. Banyak data yang didapatkan tidak dipakai karena kondisi data yang menghasilkan banyak gangguan atau noise. Gangguan ini bisa saja disebabkan oleh faktor yaitu adanya orang berjalan atau kendaraan yang sedang lewat. Hasil pengolahan data mikrotremor merupakan nilai frekuensi dan amplifikasi yang didapatkan dari analisa peak pada grafik H/V di setiap titik pengukuran. Setelah diketahui nilai frekuensi, maka didapatkan pula nilai faktor predominan tanah dengan menggunakan persamaan (1). Frekuensi yang dihasilkan dari puncak kurva H/V merupakan frekuensi dominan atau frekuensi resonansi di suatu titik ukur. Peristiwa resonansi mengakibatkan amplitudo spectrum horizontal pada suatu frekuensi tertentu menjadi lebih besar sedangkan komponen vertical tetap. Sehingga akan terbentuk puncakan pada kurva H/V. Kurva ideal adalah kurva clear peak. Tetapi ada beberapa kasus saat terdapat puncakan atau malah tidak terdapat puncakan atau no peak.



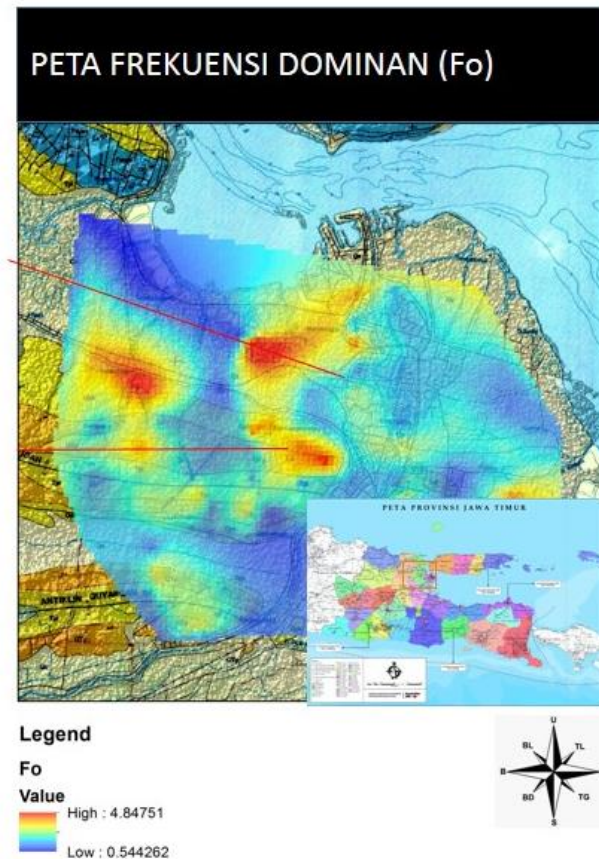
Gambar 4 1 Kurva Peak (1) dan Multiple Peak (2).

Gambar diatas merupakan yang diambil dari titik SBY37 (1) dan titik SBY55. Contoh kasus berikut akan menimbulkan kesusahan dalam menentukan nilai  $F_o$  dan  $A_o$ . Apabila terjadi kasus seperti itu maka harus diperhatikan data-data pada setiap titik sekitarnya. Melihat data-data di titik sekitarnya dapat membantu dalam menentukan puncakan mana yang akan digunakan. Puncak yang dipilih adalah puncak yang frekuensinya paling dekat dengan titik sekitarnya, sedangkan pada kasus kurva yang tidak memiliki puncakan atau cenderung datar maka data pada titik tersebut tidak dapat digunakan. Biasanya kasus seperti ini akan terjadi bila pengukuran dilakukan didaerah yang didominasi batuan keras.

#### 4.1.2 Frekuensi Dominan Tanah

Dari pengolahan yang dilakukan di setiap titik pengukuran, didapatkan nilai frekuensi dominan yang beragam dari nilai kecil, sedang hingga tinggi. Rentang nilai frekuensi yang didapatkan adalah berkisar dari 0.8 Hz hingga 5.1 Hz. Nilai frekuensi yang mendominasi ada sekitar

1.1 Hz hingga 2.8 Hz. Dari peta penampang yang didapatkan terlihat persebaran frekuensi dominan yang tidak merata, bagian yang berwarna biru tua memiliki nilai  $f_0$  paling kecil. Sedangkan nilai  $f_0$  yang mendominasi ditunjukkan dengan warna biru muda hingga kuning yang persebarannya cukup merata di titik pengamatan. Nilai  $f_0$  yang berada pada rentan nilai 3.6 Hz hingga 4.4 Hz merupakan nilai yang tergolong tinggi, rentan nilai tersebut berada pada antara sesar Surabaya-kendeng dan Surabaya-Waru. Sedangkan nilai tertinggi yaitu 5.1 yang dihasilkan dari titik SBY34 berada tepat di sesar Surabaya-Kendeng.

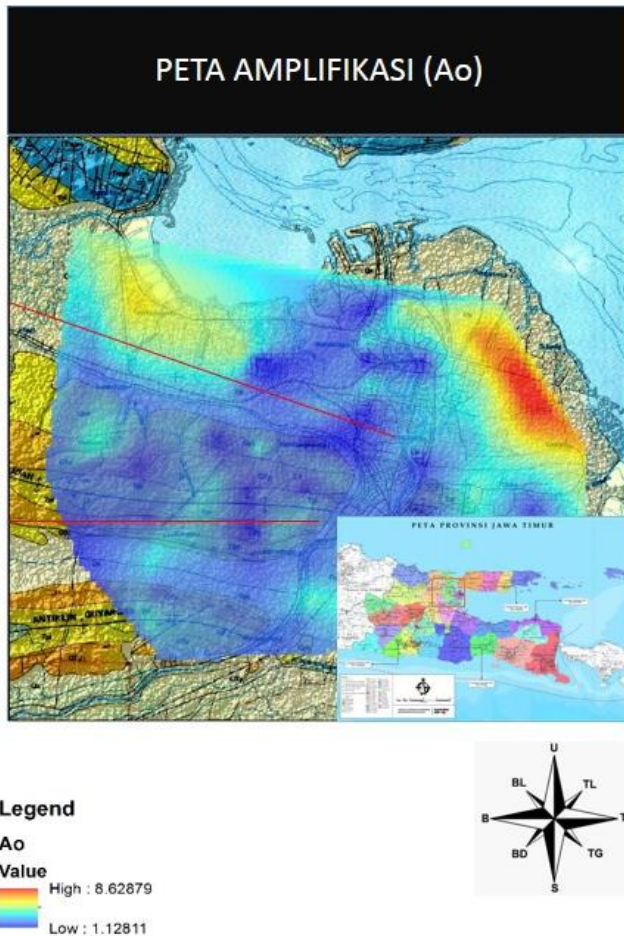


Gambar 4.2 Peta Frekuensi dominan ( $f_0$ ) hasil pengolahan data.

Nilai frekuensi dominan atau  $f_0$  di suatu tempat dapat digunakan untuk perencanaan bangunan tahan gempa sebagai keperluan mitigasi bencana gempa bumi. Nilai  $f_0$  yang rendah bukan hanya menunjukkan adanya akibat dari efek resonansi, melainkan dapat meningkatkan kerentanan terhadap bahaya dengan periode yang panjang. Berdasarkan peta geologi Surabaya, diketahui bahwa wilayah Surabaya berada pada Tipe III yang diklasifikasikan oleh Kanai yaitu berupa jenis III pada frekuensi sekitar 2.5-4 Hz yang berupa batuan alluvial, dengan ketebalan lebih dari 5m yang terdiri dari sandy-gravel. Sandy hard clay, loam, dll. Frekuensi dominan dari hasil pengolahan HVSR akan memperlihatkan struktur sedimen dengan variasi lateral yang seragam karena nilai  $f_0$  berkaitan dengan jenis batuan. Sebagaimana diungkapkan oleh (Sukardi) bahwa Surabaya secara geologi berupa endapan sedimen yang ditunjukkan dari nilai frekuensi dominan yang kecil. Secara teoritis nilai frekuensi berkaitan dengan ketebalan lapisan sedimen. semakin lunak dan semakin tebal lapisan sedimen akan menghasilkan nilai frekuensi dominan yang kecil, begitu pula sebaliknya.

#### **4.1.3 Amplifikasi ( $A_0$ )**

Berdasarkan pengolahan data mikrotremor dengan HVSR didapatkan nilai  $F_0$  dan juga  $A_0$ . Didapatkan nilai  $A_0$  atau amplifikasi berada pada rentan nilai 1.1 – 8.7. Nilai tersebut bervariasi dari keseluruhan data yang dilakukan pengolahan. Namun terlihat pada gambar dibawah ini persebarannya cukup merata, hanya saja pada beberapa titik memiliki nilai amplifikasi atau  $A_0$  yang cukup besar.



Gambar 4.3 Peta Amplifikasi (Ao) hasil pengolahan data.

Terlihat bahwa nilai Ao yang mendominasi adalah warna biru yang memiliki nilai antara 1.5 hingga 4. Namun terdapat nilai yang tergolong sangat besar yaitu yang ditunjukkan dengan warna merah yaitu memiliki nilai  $>8$  yang berada pada bagian ujung atau timur laut daerah penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa tidak menyebarnya letak nilai amplifikasi

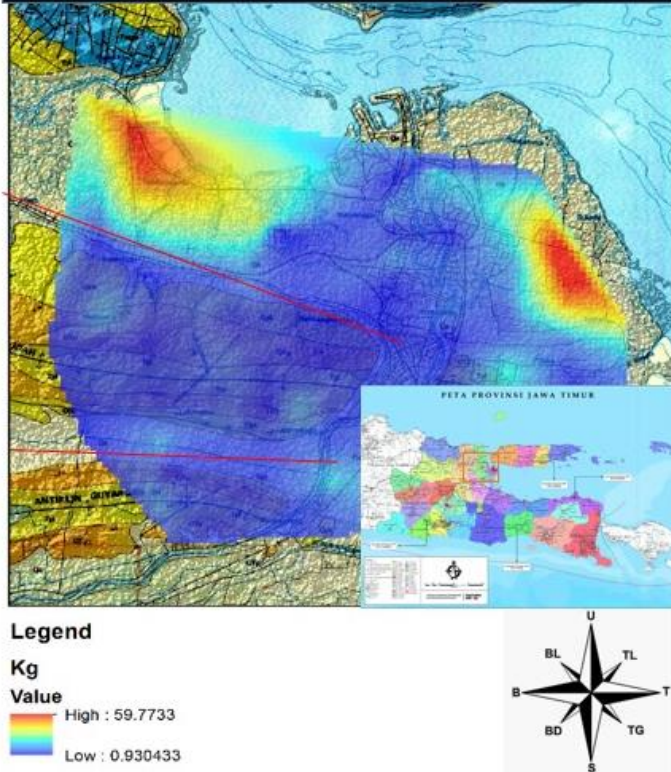
pada penelitian. Akan tetapi pada asalnya letaknya sudah dominan dibagian selatan. Nilai amplifikasi ini berbanding lurus dengan kontras impedansi antara batuan dasar dan batuan sedimen.

Faktor amplifikasi atau  $A_0$  merupakan faktor pembesaran percepatan gempa yang terjadi pada permukaan tanah akibat jenis tanah tertentu. Besaran dari amplifikasi dapat diestimasi dari kontras parameter perambatan gelombang pada bedrock dan sedimen permukaan. Semakin besar perbedaan parameter, semakin besar pula nilai amplifikasi perambatan gelombangnya. Pada batuan yang sama dapat saja memiliki nilai amplifikasi yang berbeda, hal ini sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut. Bila dilihat dari nilai amplifikasi yang didapatkan dari pengolahan data adalah berkisar antara 1.5 – 4 maka dapat diklasifikasikan tergolong pada zona 2 yaitu pada rentan  $3 \leq A < 6$  yaitu pada kategori sedang.

#### **4.1.4 Indeks Kerentanan Tanah ( $K_g$ )**

Nilai yang didapatkan dari perhitungan  $K_g$  dapat digunakan untuk mendeteksi zona lemah (unconsolidated sediment) atau daerah atau wilayah yang berpotensi akan terjadi kerusakan dan rekahan tanah apabila terjadi gempa bumi. Hal ini dikarenakan  $K_g$  merupakan indeks kerentanan lapisan tanah yang terdeformasi. Semakin tinggi nilai indeks kerentanan tanah atau  $K_g$  di daerah tersebut, maka tingkat jumlah kerusakan bangunan yang ditimbulkan akibat gempa bumi semakin tinggi. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi nilai indeks kerentanan tanah suatu daerah maka tingkat kestabilan struktur tanah pada daerah tersebut semakin rendah, maka apabila terjadi guncangan gempa bumi kemungkinan kerusakan bangunan yang ditimbulkan semakin tinggi.

## PETA KERENTANAN SEISMİK (Kg)



Gambar 4.4 Peta Kerentanan tanah (Kg) hasil pengolahan data.

Berdasarkan peta indeks kerentanan seismic diatas, didapatkan nilai tertinggi adalah sebesar  $60 \text{ cm/s}^2$  yaitu pada titik T19 yang ditunjukkan dengan warna merah pekat. Persebaran warna merah pekat hanya pada arah timur laut dari daerah penelitian. Sedangkan *orange* yang menunjukkan nilai  $42 \text{ cm/s}^2$  hingga  $52 \text{ cm/s}^2$  berada pada barat laut dan timur laut dari daerah penelitian. Nilai indeks kerentanan tanah yang

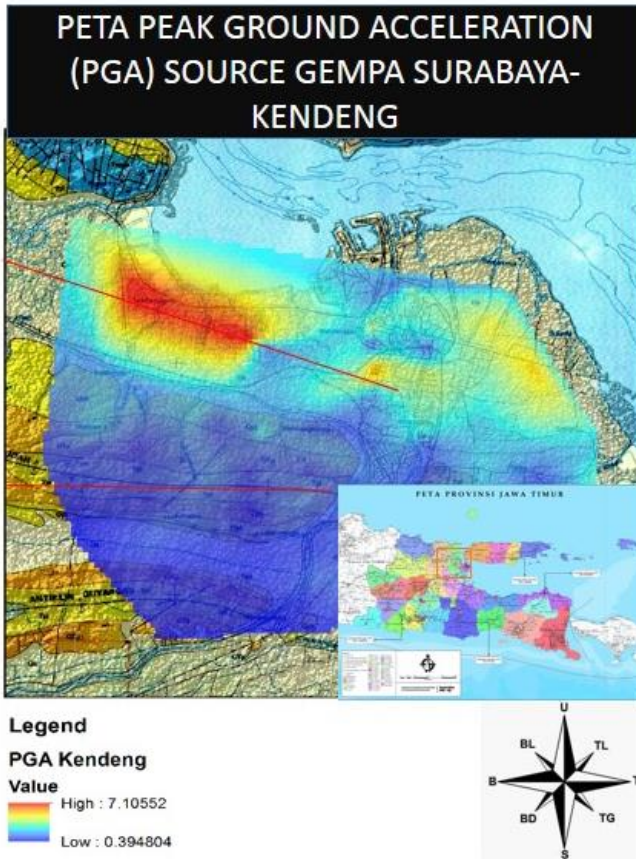
tergolong rendah ditandai dengan warna biru tua. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerentanan tanah di daerah penelitian tergolong masih wajar atau rendah yang dilihat dari persebaran warna biru di hampir seluruh wilayah penelitian.

Nilai indeks kerentanan tanah juga bergantung pada kondisi geologi pada daerah penelitian. Penelitian ini mempunyai indeks kerentanan seismik yang bervariasi. Kerentanan seismik tinggi yaitu  $>20$ , sedangkan 4-20 tergolong sedang dan indeks kerentanan kecil  $<4$ . Diketahui bahwa daerah Surabaya didominasi dengan alluvial, sehingga dengan tipe batuan sedimen seperti itu untuk nilai 4  $\text{cm/s}^2$  hingga 20  $\text{cm/s}^2$  memungkinkan terjadinya resiko yang disebabkan oleh gempa bumi dari kedua sesar Surabaya-Kendeng dan Surabaya-Waru karena nilai  $K_g$  cenderung tinggi. Namun demikian secara umum daerah penelitian masih tetap stabil secara tanah. Sedangkan untuk nilai  $K_g$  yang cenderung kecil berpengaruh dengan karakteristik dinamik tanah yang menunjukkan rendahnya nilai *shear strain* saat gempa bumi.

#### **4.1.5 Peak Ground Acceleration (PGA)**

Percepatan tanah maksimum merupakan dampak gelombang gempa bumi di lokasi pengukuran, sehingga dari nilai yang didapatkan dalam pengolahan data dapat dijadikan ukuran intensitas gempa bumi yang dialami di daerah penelitian bila nanti terjadi gempa bumi yang disebabkan sesar Kendeng. Kota Surabaya sendiri sebenarnya terbilang jarang mengalami pusat gempa, namun respon nilai percepatan getaran yang dihasilkan berbeda-beda terhadap magnitudo gempa yang ada. Sehingga resiko kerusakan tinggi yang mungkin saja dimiliki besar pada saat terjadi gempa bumi, hal ini dikarenakan kota Surabaya diapit oleh dua sesar yaitu Surabaya-Kendeng dan Surabaya-Waru. Untuk nilai jarak atau  $R$  yang diinputkan adalah jarak terdekat titik pengukuran dari sesar. Perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai PGA ini adalah dengan pendekatan Fukushima dan Tanaka yang didasarkan pada data ground motion di wilayah Jepang. Pada studi kali ini dilakukan pendekatan probabilistic yang memperhitungkan semua ketidakpastian atau kemungkinan dalam hal magnitudo maksimum, model perulangan gempa, fungsi atenuasi dll dengan cara metode logic tree yang berfungsi sebagai pembobotan dari nilai hasil perhitungan yang didapatkan. Model logic tree yang digunakan adalah model logic tree untuk sumber gempa sesar (fault) seperti gambar 2.2 dengan bobot sebesar 0.66 dan 0.34.

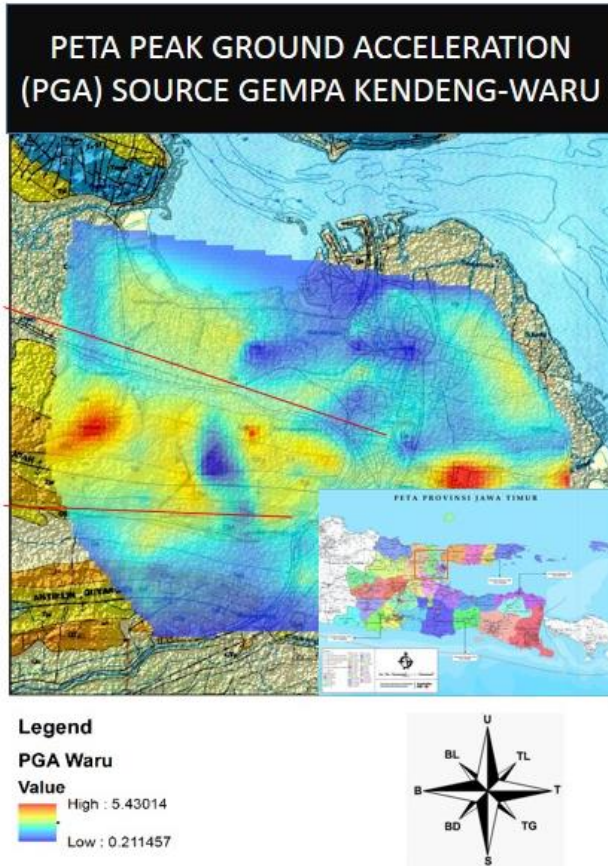




Gambar 4.5 Peta *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada sumber gempa Surabaya-Kendeng.

Berdasarkan peta 4.5 didapatkan nilai PGA batuan dasar setelah dilakukan pembobotan sebesar 0.66 dan 0.34 adalah 0.05g hingga 0.34g. Sedangkan nilai rata-rata berada pada nilai 0.13g. Nilai tertinggi ditandai dengan warna merah yang posisinya tepat pada sesar Surabaya-Kendeng. Nilai yang cenderung besar tersebut dipengaruhi oleh faktor jarak. Titik pengukuran yang menghasilkan nilai tinggi tersebut adalah titik T15

dengan R atau jarak sebesar 0.62 km. Untuk nilai PGA di permukaan didapatkan nilai dalam rentan 0.07g sampai 1.63g dengan nilai rata-rata diseluruh titik pengukuran adalah sebesar 0.36g. Nilai ini tergolong meningkat ke arah barat laut dan berkurang selatan. Pola tersebut disebabkan lokasi titik tertinggi berada pada jarak yang relative dekat dengan sumber gempa atau dengan sesar Surabaya-Kendeng. Semakin mendekati sesar, maka nilai PGA cenderung semakin naik. Nilai PGA pada penelitian tugas akhir ini cenderung lebih besar dibandingkan dengan nilai PGA dari revisi peta gempabumi Indonesia SNI-03-1726-02 tahun 2010. Hasil dari pembobotan didapatkan nilai rata-rata bobot adalah sebesar 30% tingkat keakuratan dari hasil yang didapatkan. Berdasarkan besar magnitude 4.6 dan dengan nilai PGA yang didapatkan dalam pengolahan data menghasilkan skala guncangan di permukaan tergolong dalam skala IV-VIII dengan gempa yang dapat dirasakan tergolong besar atau *violent*. Sehingga apabila terjadi gempa bumi yang disebabkan oleh sesar Surabaya-Kendeng maka akibat yang dirasakan akan besar. Untuk itu perlu dilakukan tinjauan tata ruang ulang untuk menanggulangi adanya resiko besar yang ditimbulkan. Sedangkan berdasarkan nilai PGA permukaan yang didapatkan, nilai tersebut ada pada rentan nilai 0.07g-1.63g yang tergolong dalam skala *light* atau ringan dengan dampak gempa adalah terasa oleh manusia.



Gambar 4 6 Peta PGA Source Gempa Kendeng-Waru.

Peta 4.6 merupakan peta yang PGA yang dihasilkan dari pengolahan data yang dilakukan. Berdasarkan hasil yang didapatkan berdasarkan batuan dasar, nilai PGA sebesar 0.03g hingga 0.24g dengan rata-rata nilai adalah sebesar 0.12. Nilai terendah ini dihasilkan dari titik T71, sedangkan nilai tertinggi berada pada titik SBY55. Nilai PGA permukaan yang didapatkan dari perkalian dengan amplifikasi (A0) yaitu didapatkan nilai PGA sebesar 0.1g hingga 1.2g. Nilai PGA yang dihasilkan adalah hasil dari pembobotan yang dilakukan melalui metode

logic tree berdasarkan model fault atau sesar, nilai pembobotan sebesar 0.66 dan 0.34. Hal ini dilakukan untuk memberikan efek akurat dalam hasil yang didapatkan. Sesuai dengan konsep dasar DSHA yaitu menentukan parameter ground motion dengan menggunakan magnitudo gempa maksimum dan jarak sumber gempa yang paling dekat dari titik pengamatan, parameter tersebut mengandung ketidak akuratan sehingga perlu dilakukan pembobotan. Besar nilai magnitudo yang digunakan sebesar 5.6 yang dihasilkan dari konversi nilai  $M_w$  yang didapatkan dari *update* peta sesar Indonesia 2016.

Dari persebaran nilai yang didapatkan dan telah di overlay pada peta geologi, didapatkan nilai terbesar yang ditandai dengan warna merah yang bahkan cenderung menjauhi kedua sesar. Hal ini dapat saja terjadi sebagai akibat dari pengaruh jarak. Nilai yang mendominasi ditunjukkan dengan warna kuning hingga biru tua yang persebarannya merata sejajar dengan kedua sesar. Namun pada sesar Surabaya-Waru tidak memunculkan nilai PGA yang tinggi, bahkan tergolong rendah. Hal ini berkebalikan dengan hasil PGA yang didapatkan pada pengukuran sumber gempa sesar Surabaya-Kendeng. Sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah yang lebih rawan bencana apabila terjadi gempa bumi dengan sumber gempa Surabaya-Waru maka daerah yang paling rawan adalah daerah selatan sesar Surabaya-Kendeng. Dari nilai PGA permukaan yang didapatkan dengan rentan nilai sebesar 0.1g-1.28g maka nilai PGA yang dihasilkan dari sesar Kendeng-waru tergolong pada skala III dengan gempa yang terasa berupa *weak* atau lemah dengan guncangan tidak terasa. Berdasarkan nilai PGA yang didapatkan, nilai tersebut tergolong dalam *instrumental intensity* skala VI-VIII dengan kekuatan guncangan dalam kategori *strong* hingga *very strong*. Daerah yang paling rawan adalah daerah yang ditandai dengan warna merah.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Didapatkan nilai frekuensi dominan yang adalah berkisar dari 0.8 Hz hingga 5.1 Hz. Nilai frekuensi yang mendominasi ada sekitar 1.1 Hz hingga 2.8 Hz. Nilai  $f_0$  yang berada pada rentan nilai 3.6 Hz hingga 4.4 Hz merupakan nilai yang tergolong tinggi, rentan nilai tersebut berada pada antara sesar Surabaya-kendeng dan Surabaya-Waru.
2. Didapatkan nilai  $A_0$  atau amplifikasi berada pada rentan nilai 1.1 – 8.7. Nilai tertinggi adalah sebesar 60  $\text{cm/s}^2$  yaitu pada titik T19. Nilai yang dihasilkan berkisar antara 1.5 – 4 dapat diklasifikasikan tergolong pada zona 2 yaitu pada rentan  $3 \leq A < 6$  yaitu pada kategori sedang.
3. Didapatkan nilai tertinggi adalah sebesar 60  $\text{cm/s}^2$  yaitu pada titik T19 yang ditunjukkan dengan warna merah pekat. *orange* yang menunjukkan nilai 42  $\text{cm/s}^2$  hingga 52  $\text{cm/s}^2$  berada pada barat laut dan timur laut. Maka diketahui bahwa nilai kerentanan tanah didaerah penelitian tergolong masih wajar atau rendah.
4. Pada sumber gempa Surabaya-Kendeng nilai PGA didapatkan nilai 0.2g hingga 4.3g. Nilai tertinggi ditandai dengan warna merah yaitu titik T15. Untuk nilai PGA di batuan dasar didapatkan nilai dalam rentan 0.1g sampai 0.9g. Tergolong dalam skala IV-VIII dengan gempa yang dapat dirasakan tergolong besar atau *violent*.
5. Pada sumber gempa Surabaya-Waru hasil yang didapatkan berdasarkan batuan dasar, nilai PGA sebesar 0.13g hingga 0.9g. Sedangkan nilai PGA permukaan didapatkan nilai PGA sebesar 0.2g hingga 3.4g. Tergolong dalam

*instrumental intensity* skala VI-VIII dengan kekuatan guncangan dalam kategori *strong* hingga *very strong*.

## **5.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil dan kesimpulan untuk membangun hipotesa-hipotesa selanjutnya antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menambahkan titik pengukuran mulai dari sesar kecil maupun sesar besar sampai atau seluruh sesar yang berada di wilayah Surabaya.
2. Untuk pengembangan penelitian analisis seismic hazard selanjutnya perlu dilakukan pemodelan untuk membuat satuan geomorfologi yang cocok untuk Indonesia khususnya Surabaya berdasarkan ketersediaan data geologi dan morfologi Indonesia.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fungsi atenuasi dan persamaan geomorfologi yang lebih tepat diterapkan untuk daerah Surabaya.

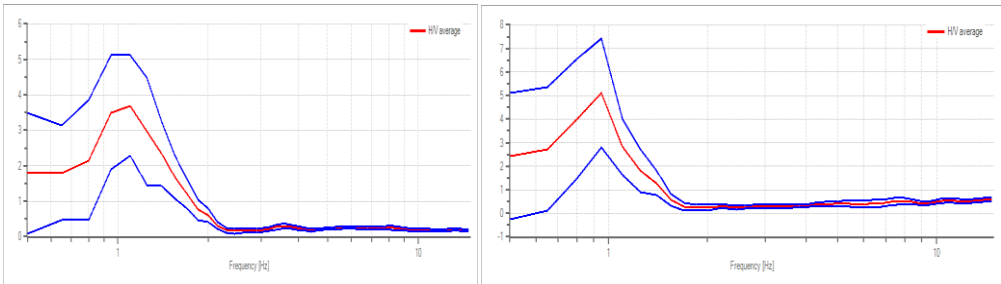
## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aini, Nur D, dkk. 2012. Penaksiran resonansi tanah dan bangunan menggunakan analisis mikrotremor wilayah Surabaya Jawa Timur. Mikrotremor, 1:2-3
- Abu, Bakri. (2014). Analisis Ground Shear Strain dengan Metode HVSR Di Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Dewi A, Yustina. (2016). Mikrozonasi Indeks Kerentanan Tanah di Kawasan Jalur Sesar Opak Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. (Skripsi), Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Daryono. (2013) Indeks Kerentanan Tanah Berdasarkan Mikrotremor pada Setiap Satuan Bentuk lahan di Zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Riset Daerah Vol. XII, No.1. April 2013
- Edwiza, Daz & Sri Novita. (2008). Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Tanah Kota Padang Panjang Menggunakan Metoda Kannai. Padang: Repository Universitas Andalas.
- Laberrta, 2013, Mikrozonasi indeks kerentanan tanah berdasarkan analisis mikrotremor di kecamatan Jetis. (Skripsi), Universitas Negri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Marsyelina, Merizka. (2014). Karakteristik Mikrotremor Dan Seismitas Pada Jalur Sesar Opak, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Skripsi. Yogyakarta: UNY.
- Partono, Windu, Masyur Irsyam, Sri Prabandiyani. R W. (2013). Aplikasi Metode HVSR pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang. Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil.

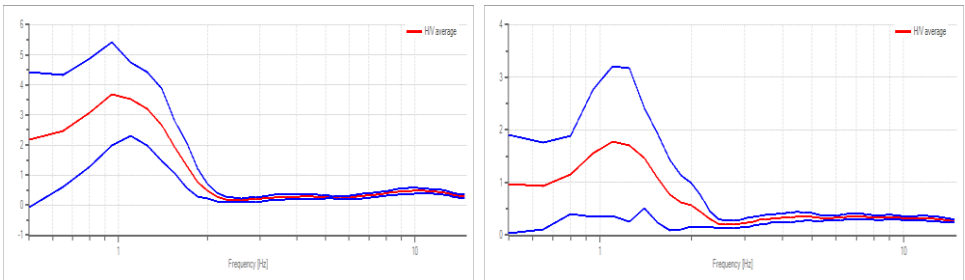
- Refrizon, dkk. (2013). Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Tanah Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu. Prosiding Semirata: Universitas Lampung.
- Saaduddin, Sismanto, Marjiyono. (2015). Pemetaan Indeks Kerentanan Tanah Kota Padang Sumatera Barat dan Korelasinya dengan Titik Kerusakan Gempabumi 30 September 2009. Yogyakarta: Proceeding, Seminar Nasional Kebumian ke-8.
- SESAME European Research Project. (2004). Guidelines for The Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibration: Measurements, Processing and Interpretation.
- Winoto, Prasetyo. (2010). Analisis Mikrotremor Kawasan Universitas Brawijaya Berdasarkan Metode HVSR. Thesis. Malang: Universitas Brawijaya.



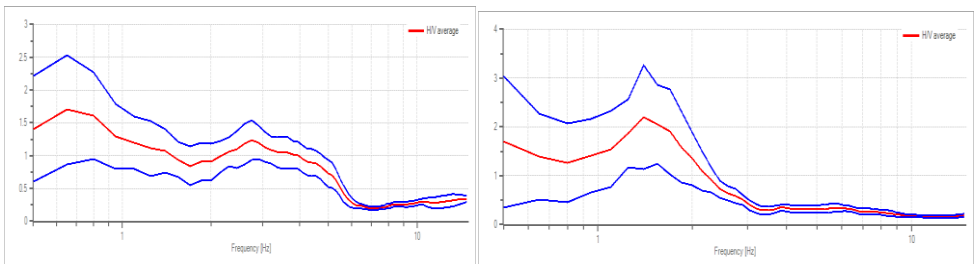
## LAMPIRAN



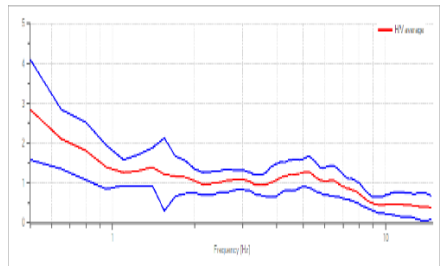
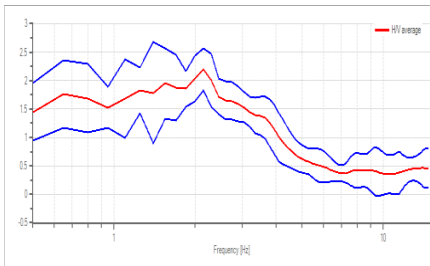
Gambar 1 grafik H/V titik SBY 25 dan SBY 34



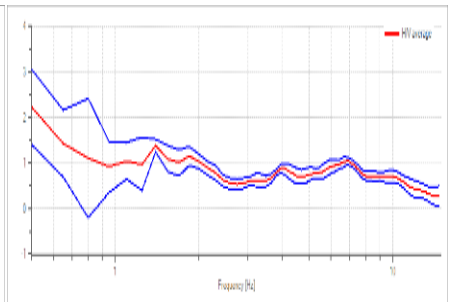
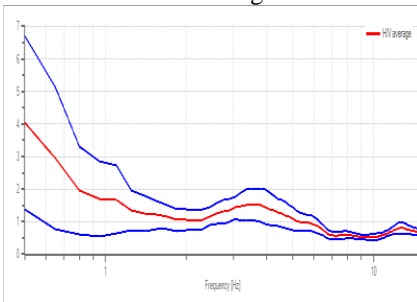
Gambar 2 grafik H/V titik SBY 36 dan SBY 37



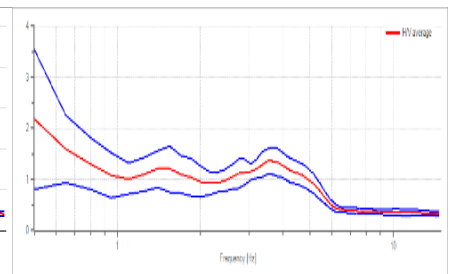
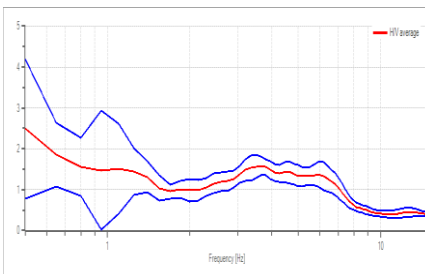
Gambar 3 grafik H/V titik SBY 47 dan SBY 48



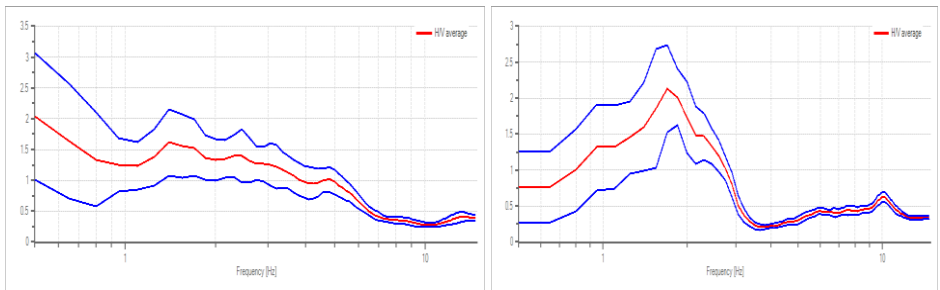
Gambar 4 grafik H/V titik SBY 55 dan SBY 56



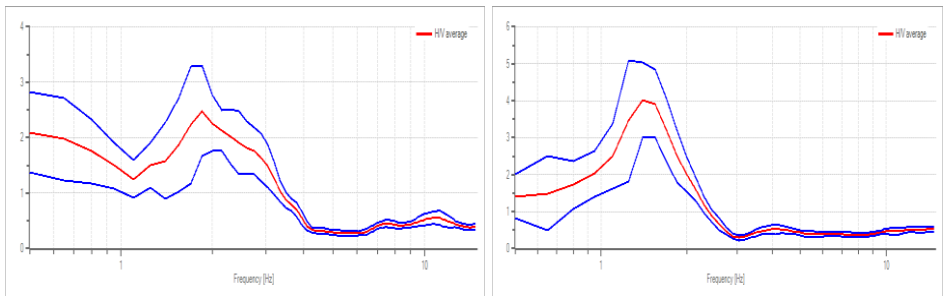
Gambar 5 grafik H/V titik SBY 57 dan SBY 59



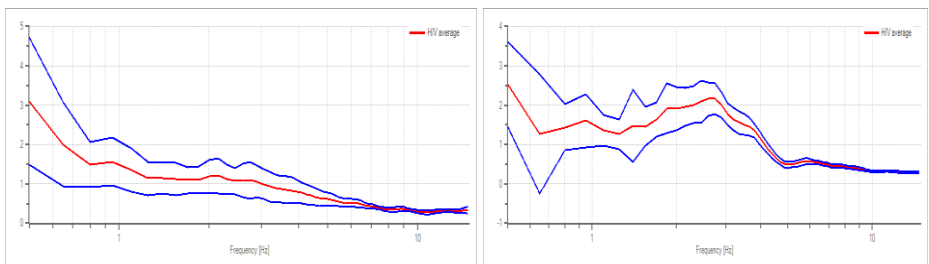
Gambar 6 grafik H/V titik SBY 60 dan SBY 61



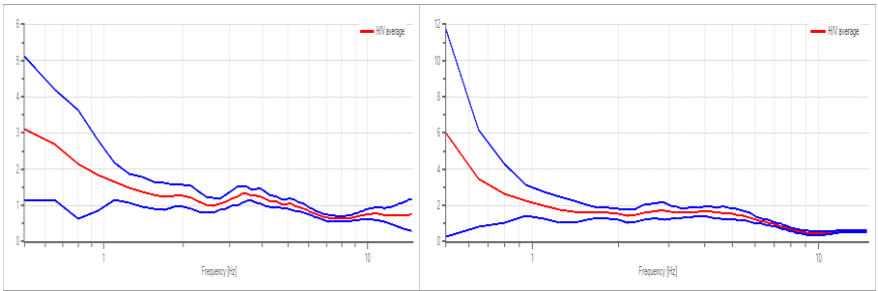
Gambar 7 grafik H/V titik SBY 62 dan SBY 63



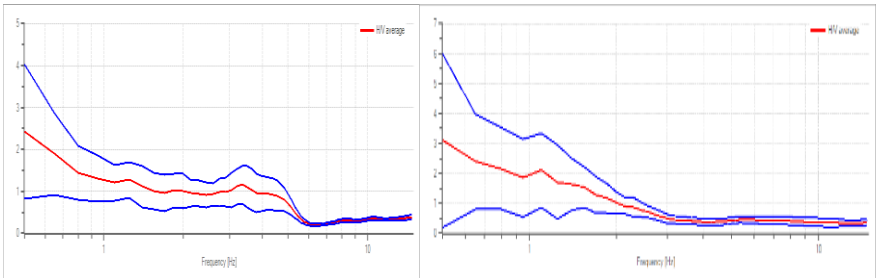
Gambar 8 grafik H/V titik SBY 64 dan SBY 65



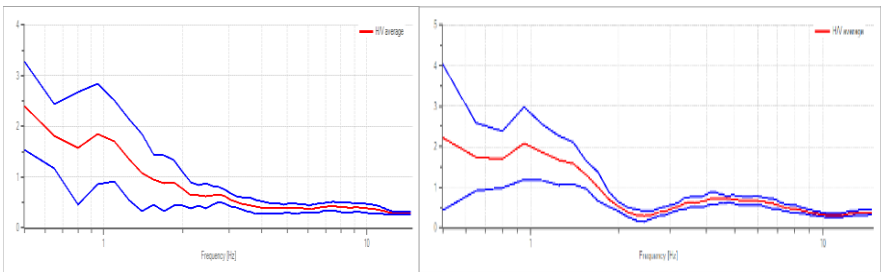
Gambar 9 grafik H/V titik SBY 70 dan SBY 71



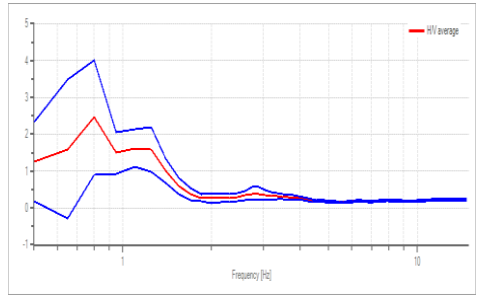
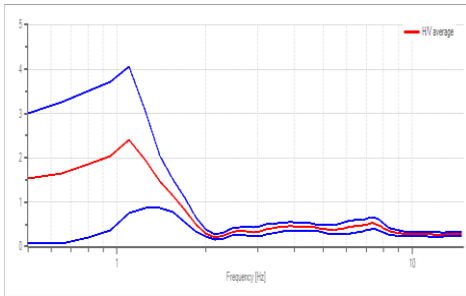
Gambar 10 grafik H/V titik SBY 72 dan SBY 73



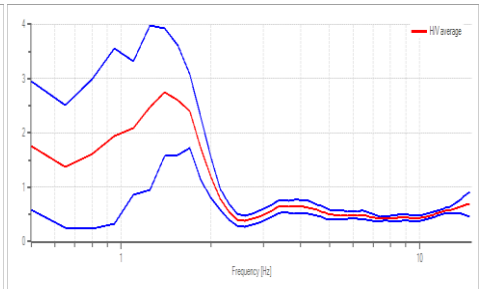
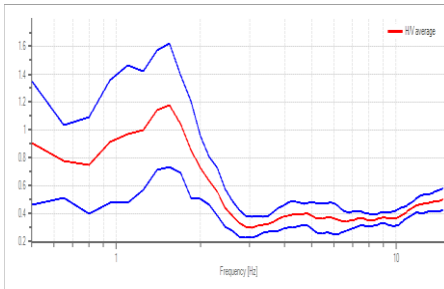
Gambar 11 grafik H/V titik SBY 77 dan SBY 83



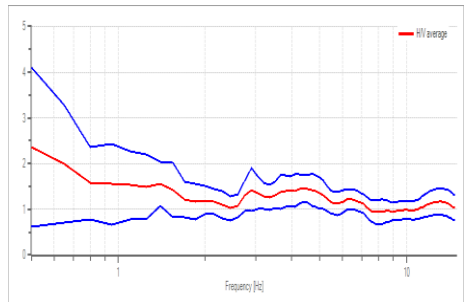
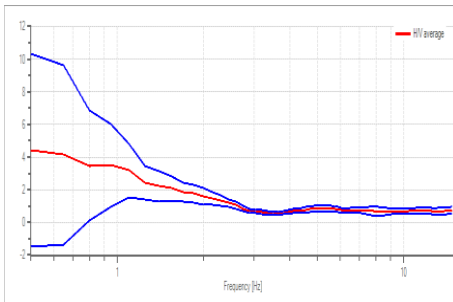
Gambar 12 grafik H/V titik SBY 82 dan SBY 83



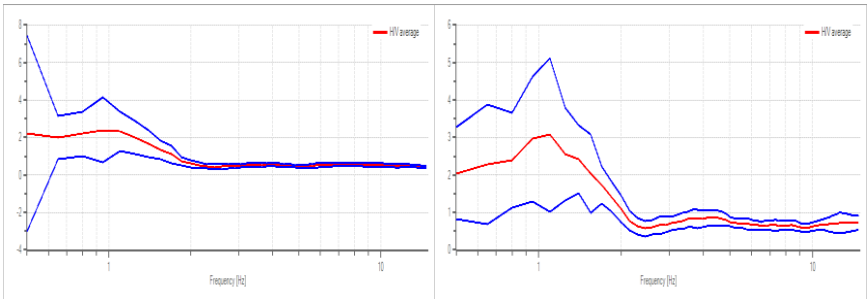
Gambar 13 grafik H/V titik SBY 87 dan SBY 88



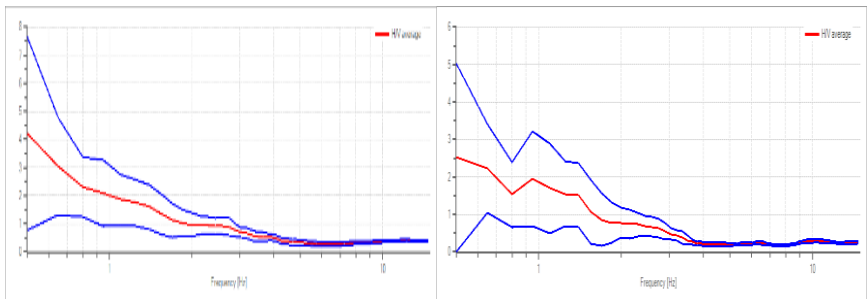
Gambar 14 grafik H/V titik SBY 89 dan SBY 90



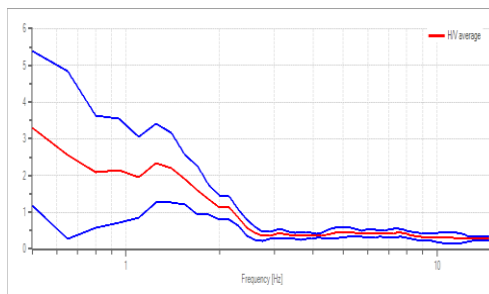
Gambar 15 grafik H/V titik SBY 95 dan SBY 97



Gambar 16 grafik H/V titik SBY 98 dan SBY 99



Gambar 17 grafik titik SBY 100 dan SBY 101



Gambar 18 grafik titik SBY 102

Titik	lokasi		Ao	Fo	Kg	PGAkendeng	PGAwaru
	x	y					
X01	685526	9195837	1.2	1.3	1.19	0.7916231	1.521455
X02	686682	9195804	2.0	1.6	2.63	1.37699597	2.529695
X03	687694	9195830	2.1	3.4	1.28	1.48859464	2.581485
X04	688734	9195825	1.4	1.7	1.12	1.05182369	1.72099
X05	689803	9195792	1.3	1.3	1.29	0.99283069	1.461672
X06	685463	9194175	3.1	1.3	7.44	1.56112916	0.004643
X07	685500	9192577	2.7	1.1	6.48	1.12610506	2.640714
X08	686772	9192551	1.4	2.6	0.71	0.5965457	1.329748
X09	687777	9192344	3.0	0.8	11.2	1.32708772	2.852207
X10	688889	9192396	2.2	1.6	3.15	1.02577222	2.104172
X12	686695	9193847	1.3	1.9	0.86	0.65104864	1.604678
X13	687868	9193843	2.1	2.5	1.83	1.13853903	2.734394
X14	688850	9193824	1.4	2.8	0.66	0.75349756	1.722928
X15	689870	9193751	1.9	1.6	2.3	1.04880273	2.179657
T02	692245	9201476	2.2	2.3	2.13	1.4796836	0.897943

T04	695961	9201336	3.9	2.9	5.23	2.02098508	1.162123
T05	692555	9201193	4.8	1.5	15.7	3.04516624	1.997608
T09	695262	9199952	6.8	2.0	23.7	4.38866463	2.493649
T10	693364	9199560	3.0	1.4	6.87	2.63525404	1.423603
T11	690999	9199667	3.6	1.2	10.9	3.51422911	2.07699
T13	686543	9199351	4.5	0.8	26.9	6.86559963	2.902416
T15	682499	9201166	5.8	0.7	46.9	7.29315294	2.779093
T16	682160	9202861	5.1	0.5	48.2	4.31403462	1.911359
T17	680219	9204213	4.0	0.6	27.3	2.87570705	1.233624
T19	696952	9197992	8.7	1.3	60.6	4.90896629	2.951035
T20	695353	9197751	4.0	1.4	11.3	2.97125893	1.716293
T21	693077	9197915	3.1	1.4	6.92	3.84133217	1.770874
T22	691134	9198026	3.6	1.2	10.8	5.47732519	2.539744
T24	685927	9197245	2.8	0.8	9.91	2.31854762	2.590606
T25	685348	9197272	2.4	1.1	5.31	2.03254744	2.271046
T26	682842	9197361	2.2	4.3	1.09	1.56572635	1.996695
T28	680927	9198604	2.0	3.3	1.25	1.67591722	1.489717



T29	699212	9195603	6.1	1.2	31	2.49614012	1.643311
T30	697028	9196471	6.8	1.1	43.6	3.70903785	2.447804
T31	694950	9195942	2.9	1.9	4.47	2.07747405	1.442601
T32	692849	9195807	3.1	1.3	7.34	2.84514383	2.136453
T33	691944	9195084	2.6	2.3	2.85	1.88140315	2.148802
T34	689929	9194393	2.7	4.1	1.84	1.73036277	3.361755
T35	687020	9195659	3.6	4.1	3.24	2.47827553	4.697303
T36	684668	9196000	2.7	1.3	5.77	1.74239397	3.239478
T37	683493	9196010	2.4	1.2	4.79	1.47204975	2.910483
T38	681078	9195699	3.7	1.2	11.3	1.94712689	4.728519
T39	699094	9193664	4.3	2.4	7.79	2.96912906	4.47719
T40	696997	9193613	2.2	1.6	2.85	1.00196224	2.674026
T41	695060	9193738	3.8	0.8	18.1	2.14060834	5.729974
T42	692779	9193608	2.2	1.2	4.03	1.04329076	2.683341
T43	690977	9193686	2.6	1.2	5.26	1.52321623	2.472977
T44	688921	9193664	2.5	1.1	5.6	1.37039661	3.09249
T45	687046	9193737	2.1	1.1	3.74	1.13451307	2.554012

T46	684711	9193817	2.6	1.3	5.31	1.25937623	3.330887
T47	682737	9193678	2.3	1.7	3.14	1.00977237	2.843331
T48	680946	9193651	2.2	1.1	4.29	0.88786833	2.627505
T49	699055	9191731	3.5	2.7	4.69	1.2123961	0.93201
T50	696975	9191768	3.7	1.7	8.34	1.48351491	1.288854
T51	695095	9191782	3.2	1.0	10.4	1.43014198	1.43767
T52	693051	9191718	3.2	0.9	11.8	1.50593573	1.908313
T53	690759	9191537	2.9	1.3	6.64	1.31959415	2.58637
T55	685056	9191677	2.6	1.2	5.81	0.99439185	2.190532
T56	683356	9191762	3.2	1.8	5.94	1.18281946	2.741059
T58	698329	9190009	2.9	1.0	8.65	0.93011262	0.761442
T59	696330	9191185	4.3	1.1	17.7	1.6933429	1.566774
T60	694967	9189731	3.0	1.0	8.59	1.07412455	1.133142
T61	692826	9190137	2.4	0.9	6.73	0.94894421	1.224622
T62	690467	9189428	3.6	1.2	11.2	1.27949067	1.985455
T63	688953	9189617	3.8	1.0	15.3	1.32878624	2.280384
T66	683296	9190125	2.1	2.6	1.64	0.65846282	1.339697

T68	698240	9188041	3.4	1.0	12	0.94584156	0.778209
T69	695406	9188245	3.5	1.2	10.2	1.08866422	1.093808
T70	694839	9188560	3.8	1.1	13.1	1.24514348	1.309521
T71	693348	9188468	3.4	1.0	11.6	1.10632984	1.340345
T72	691287	9187954	2.8	1.0	8.42	0.94064034	1.305825
T73	688385	9187529	2.2	1.2	4.17	0.63363925	0.938561
T74	686757	9187980	2.2	0.9	4.99	0.6182177	0.979628
T75	684974	9187871	2.6	2.5	2.77	0.71309429	1.169922
T76	683461	9187265	2.3	1.0	5.24	0.5675521	0.924729
SBY025	691086	9200927	1.2	3.4	0.4	1.56619875	0.796224
SBY034	687164	9198964	1.0	5.1	0.18	1.47668291	0.630405
SBY036	691018	9199109	1.0	3.7	0.24	0.98518216	0.567934
SBY037	693075	9198813	1.3	1.6	1	1.2121208	0.635993
SBY047	689247	9197116	2.8	1.2	6.1	2.89642557	2.545508
SBY048	691073	9197025	1.4	2.2	0.89	1.71467838	1.123863
SBY055	679166	9194588	2.2	2.2	2.12	0.93975879	3.336559
SBY056	680945	9194941	2.2	2.1	2.21	1.04818566	3.104175

SBY057	682705	9194992	1.4	3.4	0.62	0.71962097	2.069869
SBY059	687004	9194987	2.2	1.3	3.7	1.3435812	3.07677
SBY060	688968	9195024	2.3	3.7	1.41	1.54472864	3.219924
SBY061	690907	9194946	1.7	1.6	1.78	1.25076834	1.607697
SBY062	693036	9194993	1.4	2.5	0.79	1.10405397	0.960608
SBY063	694838	9194937	3.2	1.7	6.02	2.14038456	1.651248
SBY064	696950	9194996	3.8	1.9	7.81	1.97149595	1.420273
SBY065	698860	9194907	4.9	1.4	17.4	2.03535602	1.403506
SBY070	682963	9192965	1.7	2.2	1.33	0.6751129	1.875881
SBY071	684931	9193135	2.9	2.8	3.14	1.33010185	3.383713
SBY072	687026	9192997	1.8	2.2	1.49	0.858294	1.982916
SBY073	688826	9192967	2.6	1.9	3.71	1.33743917	2.693151
SBY074	690850	9193040	2.1	1.3	3.63	1.17857831	1.990171
SBY075	693032	9192978	1.4	2.3	0.86	0.79857385	0.920089
SBY077	697141	9193024	1.4	3.7	0.5	0.59635715	0.475596
SBY082	680414	9191042	1.5	1.6	1.38	0.47597084	1.172029
SBY083	683112	9191039	3.4	1.0	12.2	1.19042068	2.771872

SBY085	686968	9190976	1.9	1.0	3.6	0.71423001	1.448625
SBY086	689092	9191095	2.1	1.0	4.6	0.86768834	1.639454
SBY087	691004	9191095	2.4	1.1	5.28	1.06712805	1.676905
SBY088	693008	9191048	2.6	0.8	8.71	1.171743	1.465228
SBY089	694923	9191062	1.2	1.4	0.98	0.49234459	0.513767
SBY090	697000	9190997	2.6	1.4	4.98	0.99410112	0.87358
SBY095	682976	9188974	3.2	1.1	9.19	0.91457239	1.73423
SBY097	686982	9188971	2.3	1.3	4.34	0.75821561	1.28699
SBY098	688608	9188907	2.3	1.1	4.98	0.77341429	1.290451
SBY099	690758	9189334	3.1	1.1	8.57	1.12810993	1.734194
SBY100	692998	9189059	1.6	1.4	1.83	0.5774511	0.712196
SBY101	694949	9188965	2.0	1.0	4	1.34093821	0.710078
SBY102	697017	9188997	1.1	2.2	0.56	0.34780761	1.055281

## PROFIL PENULIS



Anindya Putri Rahmaningtyas,

Lahir di Kediri, pada tanggal 18 Januari 1995 adalah mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya lebih tepatnya di Depaertemen Teknik Geofisika. Sebelum duduk dibangku kuliah, penulis pernah bersekolah di SDN Kunjang 1 pada tahun 2001-2007, setelah itu melanjutkan sekolah menengah pertama di MTSN Model Pare 1 pada tahun 2007-2010, selanjutnya adalah sekolah menengah pertama yaitu SMAN 2 Pare-Kediri pada tahun 2010-2013, dan pada tahun 2013-sekarang mengenyam pendidikan Sarjana di ITS. Anindya penah aktif pada UKM seni tari tradisional. Dan aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika sebagai sekretaris Departemen Dalam Negeri. Pada tahun 2016 melaksanakan Internship Program di PGN Saka Energi Jakarta dengan judul “Analisa Thuning Thickness pada Wedge Model”. Anindya mendapatkan ilmu berupa softskill dan hardskill selama berkuliah di Departemen Teknik Geofisika. Ilmu hardskill yang didapatkan berupa penguasaan software-software yang terkait dengan studi yang didapatkan. Anindya juga sering mengikuti seminar atau kuliah tamu yang diselenggarakan diluar maupun didalam kampus yang bertujuan menambah wawasan softskill dan hardskill. Saat ini penulis sedang melaksanakan tugas akhir yang berjudul “Identifikasi Percepatan Getaran Tahan Maksimum (PGA) dan Kerentanan Tanah dengan metode Mikrotremor di Jalur Sesar Kendeng”. Apabila ada saran atau pertanyaan yang ingin diajukan kepada panulis mengenai tugas akhir yang dilakukan, dapat menghubungi nomor yang tertera pada bio.